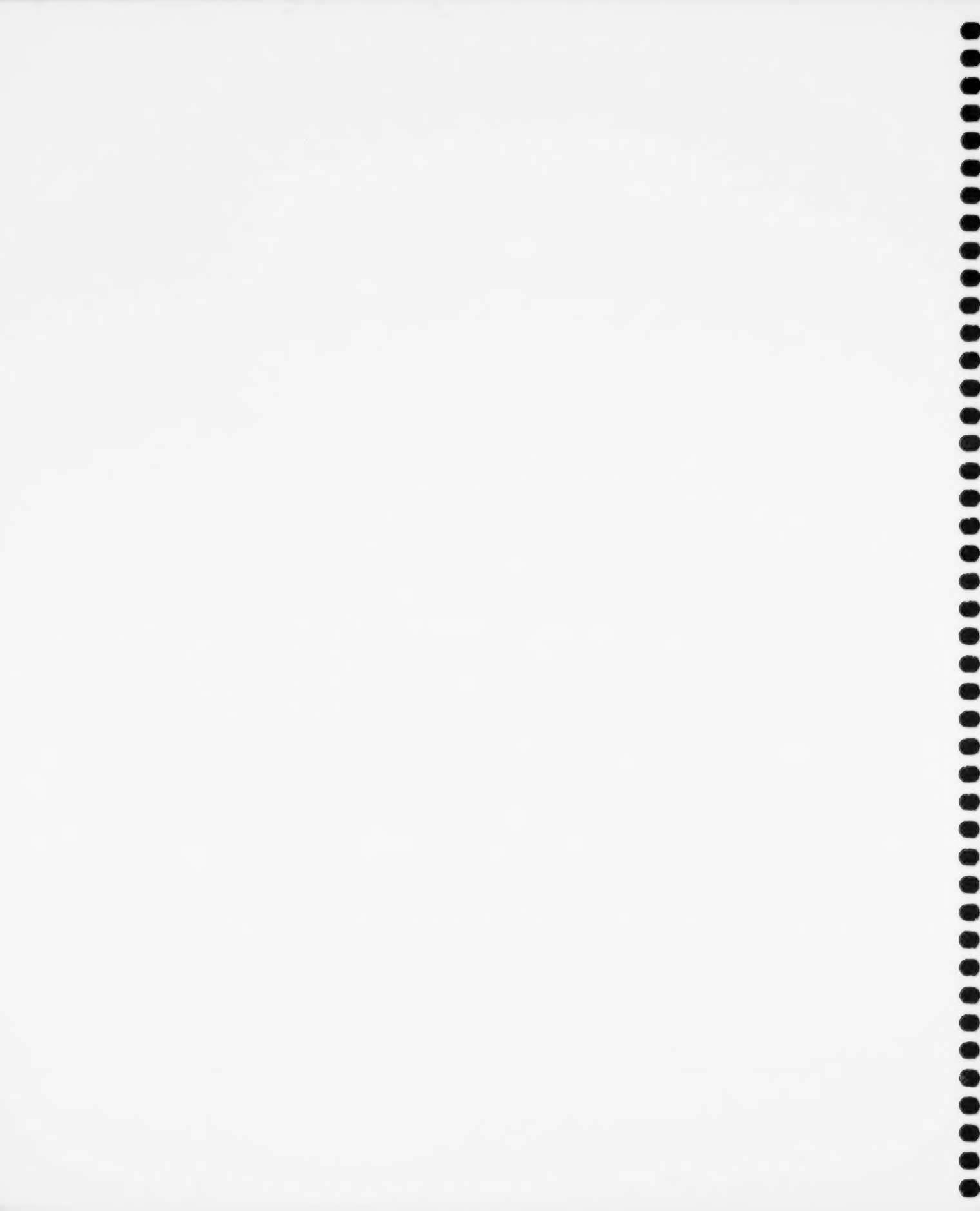


# **GUIDE AGRONOMIQUE DES GRANDES CULTURES**

*Publication 811F*







# GUIDE AGRONOMIQUE DES GRANDES CULTURES

*Publication 811F*

## Guide agronomique des grandes cultures

Publication 811F

*Rédactrice en chef*  
Christine Brown, MAAARO

*Corédacteurs*  
Joel Bagg, MAAARO  
Ian McDonald, MAAARO  
Keith Reid, MAAARO

*Auteurs collaborateurs*

**Équipe des grandes cultures du MAAARO :** Joel Bagg, Scott Banks, Tracey Baute, Horst Bohner, Christine Brown, Mike Cowbrough, Brian Hall, Adam Hayes, Peter Johnson, Hugh Martin, Ian McDonald, Gilles Quesnel, Keith Reid, Helmut Spieser, Greg Stewart, Albert Tenuta, Anne Verhallen.

*Remerciements*

Les auteurs tiennent à remercier les personnes suivantes pour leur contribution à la présente édition de cette publication : Terry Anderson, Tom Welacky (AAC), Jack Kyle (MAAARO), Hugh Earl, Dwayne Falk, Rebecca Hallett, Dave Hume, Ken Janovicek (Université de Guelph), Chris Gillard, Christy Shropshire, Peter Sikkema, Jocelyn Smith (Université de Guelph, Campus de Ridgeway).

Les renseignements offerts par la banque de données sur le travail du sol qui se trouve à l'adresse [www.tillageontario.com](http://www.tillageontario.com) sont le fruit de l'initiative et du financement conjoints de la Innovative Farmers Association of Ontario, du MAAARO, de l'Université de Guelph, ainsi que de la collaboration du Canada et de la province de l'Ontario par l'intermédiaire du Programme Canada-Ontario pour la recherche et le développement (CORD).

### *Besoin d'information technique et commerciale?*

Communiquez avec le Centre d'information du MAAARO au 1 877 424-1300  
ou à l'adresse [ag.info.maaaro@ontario.ca](mailto:ag.info.maaaro@ontario.ca).

### *Cherchez-vous sur Internet de l'information relative aux grandes cultures?*

[www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures)

C'est le guichet unique pour des fiches techniques, des articles et des photos sur la production et l'entretien des grandes cultures.

Also available in English.

Pour obtenir un exemplaire de la présente publication ou de toute autre publication du MAAARO, vous pouvez passer une commande :

- en ligne, à l'adresse [www.serviceontario.ca/publications](http://www.serviceontario.ca/publications);
- par téléphone, au Centre d'information de ServiceOntario, du lundi au vendredi, de 8 h 30 à 17 h 00 HE, en composant un des numéros suivants :
  - 416 326-5300,
  - 416 326-3408 (ATS),
  - 1 800 668-9938, sans frais en Ontario,
  - 1 800 368-7095 (ATS), sans frais en Ontario;
- en personne, à l'un des nombreux Centres de ServiceOntario répartis dans la province.

---

Publié par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales

© Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, 2009

Toronto, Canada

ISBN 978-1-4249-8199-1

02-09-2M





# Table des matières

## Introduction

xiii

### 1. Maïs

Méthodes de travail du sol	1
Texture et drainage du sol	1
Rotation des cultures	1
Autres facteurs en faveur du travail du sol	2
Méthode traditionnelle	2
Travail réduit du sol à l'automne	2
Travail réduit du sol au printemps	3
Travail du sol par bandes à l'automne	3
Travail du sol en profondeur	4
Semis direct	5
Choix des hybrides	8
Évaluation de la maturité	8
Choix des hybrides les plus rentables	9
Semis	12
Date de semis	12
Densité de peuplement	12
Profondeur de semis	13
Croissance du maïs	13
Stades de croissance foliaire	15
Uniformité de la levée	16
Uniformité de l'espacement	16
Ecartement des rangs	17
Reprise des semis	18
Gestion de la fertilisation	19
Azote	19
Feuille de calcul des doses d'azote pour le maïs	21
Phosphate et potasse	22
Doses maximales sûres d'éléments fertilisants	23
Oligo-éléments et éléments nutritifs secondaires	23
Analyse des tissus végétaux	24
Fertilisation foliaire	24
Récolte et entreposage	24
Récolte du maïs	24
Entreposage du maïs	25
Autres problèmes relatifs à la récolte	26
Insectes et maladies	26
Froid	28
Chaleur	29
Grêle	29
Inondation	29
Sécheresse	30
Domages causés par les oiseaux	30

### 2. Soya

Systèmes de travail du sol	31
Semis direct et travail réduit du sol	31
Choix des cultivars	33
Date de maturité et unités thermiques de croissance	33
Couleur du hile	33
Semis et croissance de la culture	34
Qualité des semences	34

Date de semis	36
Semis retardés	36
Espacement des rangs	37
Taux de semis	37
Traitement des semences	39
Profondeur de semis	39
Décisions concernant la reprise des semis	40
Compensation et espacement des plants (vides)	40
Croissance des plants	41
Gestion de la fertilisation	44
Azote	44
Phosphate et potasse	44
Méthodes d'application	45
Analyse des tissus végétaux	45
Oligo-éléments	45
Récolte et entreposage	46
Limiter les pertes de récolte	46
Qualité et préservation de l'identité	46
Séchage du soya	47
Autres problèmes liés aux cultures	48
Insectes et maladies	48
Domages causés par la gelée et la grêle	48
Domages causés par le froid et la gelée en fin de saison	50
Domages dus à la foudre	50
Fèves mûres vertes	50

### 3. Cultures fourragères

Espèces	51
Légumineuses vivaces	51
Graminées vivaces	52
Fourrages annuels	55
Graminées annuelles de saison chaude	56
Choix des espèces	58
Méthodes de travail du sol	62
Préparation du lit de semence	62
Établissement (semis)	62
Période des semis	62
Taux et profondeur de semis	63
Matériel de semis	63
Semis avec culture-abri	64
Semis direct	65
Autotoxicité de la luzerne	65
Inoculation	65
Gestion de la fertilisation	66
Azote	66
Phosphate et potasse	67
Analyse des tissus végétaux	67
Oligo-éléments	68
Fumier	68
Chaulage	69
Récolte et entreposage	69
Gestion des pâtures	69
Qualité du fourrage	69
Mesure de l'énergie digestible de l'ensilage du maïs	69



Période de récolte du fourrage .....	70
Foin sec .....	70
Ensilage préfané et ensilage de maïs .....	73
Autres problèmes liés aux cultures .....	78
Destruction des cultures fourragères par l'hiver .....	78
Facteurs influençant la survie à l'hiver .....	80

#### 4. Céréales

Travail du sol .....	83
Méthodes de travail du sol .....	83
Semis direct .....	83
Méthode traditionnelle .....	84
Semis de céréales de printemps sur sol gelé .....	84
Semis aérien du blé d'automne .....	84
Semis à la volée .....	85
Choix du cultivar .....	85
Critères habituels de sélection des cultivars .....	85
Tolérance à la germination sur pied .....	85
Résistance à l'hiver et tolérance au froid .....	86
Facteurs propres aux cultures de céréales .....	86
Espèces céréalières .....	87
Biotechnologie .....	89
Semis et croissance de la culture .....	90
Profondeur de semis .....	90
Croissance des céréales .....	91
Dates de semis .....	92
Reprise des semis .....	93
Taux de semis .....	94
Écartement des rangs .....	95
Rotations incluant le blé d'automne .....	96
Autres possibilités à explorer .....	96
Fongicides et régulateurs de croissance .....	96
L'essentiel sur les traitements aux pesticides :	
lutte contre la fusariose dans le blé .....	96
Maximiser la couverture des épis de blé .....	96
Gestion de la fertilisation .....	97
Azote .....	97
Phosphate et potasse .....	100
Analyse des tissus végétaux .....	100
Oligo-éléments .....	100
Récolte et entreposage .....	102
Réglage optimal de la moissonneuse-batteuse .....	102
Grain endommagé par Fusarium .....	102
Récolte de céréales versées .....	103
Blé infecté par la carie .....	103
Séchage et entreposage du blé .....	103
Systèmes de séchage .....	103
Autres problèmes liés aux cultures céréalières .....	105
Déprédateurs et maladies .....	105
Destruction par l'hiver .....	105
Déchaussement par le gel .....	107
Glace .....	107
Lésions causées par le froid .....	107

#### 5. Haricots secs comestibles

Méthodes de travail du sol .....	109
Considérations relatives à la rotation des cultures .....	109

Choix du cultivar .....	110
Maturité – UTC .....	110
Semis et croissance de la culture .....	110
Qualité de la semence .....	110
Date des semis .....	110
Taux de semis .....	111
Profondeur de semis .....	111
Écartement des rangs .....	112
Inoculation .....	112
Sol croûté .....	112
Reprise des semis .....	112
Développement des plants .....	112
Gestion de la fertilisation .....	113
Azote .....	113
Phosphate et potasse .....	114
Analyse des tissus végétaux .....	114
Oligo-éléments .....	114
Récolte et entreposage .....	115
Arrachage, andainage et battage .....	115
Coupe directe .....	115
Maintien de la qualité à la récolte .....	116
Autres problèmes liés aux cultures .....	117
Déprédateurs et maladies .....	117
Dommages dus au gel et à la grêle .....	118
Bronzage .....	118
Problèmes liés à la qualité des semences .....	118

#### 6. Canola de printemps et canola d'automne

Méthodes de travail du sol .....	119
Méthode traditionnelle .....	119
Travail réduit du sol et semis direct .....	119
Variabilité d'un champ à l'autre .....	119
Rotation des cultures .....	119
Emplacement et rotation des cultures .....	119
Choix du cultivar .....	120
Canola d'automne .....	120
Choix de cultivars (d'automne et de printemps) de	
première qualité .....	120
Caractéristiques de qualité de la graine .....	120
Semis et développement de la culture .....	120
Qualité de la semence .....	120
Traitement des semences .....	120
Date de semis du canola de printemps .....	120
Taux de semis .....	121
« Étoffement » des semences .....	121
Profondeur de semis .....	121
État du lit de semence .....	121
Passage des rouleaux .....	122
Semis à la volée .....	122
Reprise des semis .....	122
Développement des plants .....	122
Principaux stades de croissance du canola .....	122
Gestion de la fertilisation .....	123
Mise en place de l'engrais et moment .....	123
Azote .....	123
Phosphate et potasse .....	124
Carences en éléments nutritifs .....	124

Récolte et entreposage .....	125
Récolte par coupe directe .....	125
Andainage .....	125
Herbicides pré-récolte pour faciliter la récolte du canola .....	125
Moissonnage-battage du canola .....	125
Autres problèmes liés aux cultures .....	126
Déprédateurs et maladies .....	126
Gelée .....	126
Grêle .....	126
Graines brunes (endommagées par la chaleur) .....	127
Problèmes liés aux graines vertes .....	127
Destruction par l'hiver .....	127
Pollinisation croisée .....	128

## 7. Autres cultures

Sarrasin .....	129
Méthodes de travail du sol et préparation du lit de semence .....	129
Choix du champ .....	129
Choix du cultivar .....	129
Semis .....	129
Gestion de la fertilité .....	130
Récolte et entreposage .....	130
Lutte contre les mauvaises herbes .....	131
Insectes et maladies .....	131
Lin .....	132
Travail du sol .....	132
Choix du cultivar .....	132
Semis .....	132
Croissance de la culture .....	132
Gestion de la fertilité .....	132
Récolte et entreposage .....	133
Lutte contre les mauvaises herbes .....	133
Insectes et maladies .....	133
Tournesol .....	133
Méthode de travail du sol .....	133
Choix du cultivar .....	134
Semis .....	134
Rotation .....	135
Gestion de la fertilité .....	135
Récolte et entreposage .....	135
Lutte contre les mauvaises herbes .....	135
Insectes .....	135

## 8. Gestion des sols

Conservation du sol .....	137
Formation du sol .....	137
Variabilité des sols .....	137
Qualité du sol .....	138
Matière organique .....	138
Biologie du sol .....	139
Structure du sol .....	139
Ennemis du sol .....	139
Évaluation de la santé du sol .....	141
Pratiques recommandées pour obtenir un sol sain .....	144
Apport de matière organique (résidus) .....	144
Épandage de matières organiques .....	145
Couvre-sol .....	146

Choix d'une culture couvre-sol .....	146
Caractéristiques des cultures couvre-sol .....	146
Rotation des cultures .....	147
Réduction des pertes de matière organique .....	149
Réduction de l'érosion du sol .....	149
Protection des fossés et des ruisseaux .....	151
Brise-vent .....	151
Abandon des terres fragiles .....	151
Prévention du compactage .....	151
Réduction du travail du sol .....	152
Considérations environnementales .....	153
Qualité de l'eau .....	153
Qualité de l'air .....	154

## 9. Fertilité et éléments nutritifs

Principes de gestion optimale des éléments nutritifs .....	155
Analyse de sol .....	155
Autres méthodes d'évaluation des besoins en éléments nutritifs .....	155
Programme d'analyse de sol du MAAARO .....	155
Prélèvement des échantillons .....	156
Analyse portant sur les oligo-éléments .....	157
Analyse des tissus végétaux .....	157
Recommandations d'engrais .....	158
Acidité du sol et chaulage .....	158
Qualité de la chaux agricole .....	158
Azote .....	160
Phosphore et potasse .....	160
Magnésium .....	160
Calcium .....	161
Soufre .....	161
Oligo-éléments .....	161
Manganèse .....	161
Zinc .....	161
Cuivre .....	162
Bore .....	162
Fer et molybdène .....	162
Réduction des quantités d'engrais recommandées .....	162
Fertilisation réduite après l'enfouissement de légumineuses .....	163
Fertilisation réduite après l'épandage de fumier .....	163
Gestion des fumiers .....	163
Valeur du fumier .....	163
Plans de gestion des éléments nutritifs .....	163
Biodisponibilité de l'azote provenant du fumier .....	164
Analyse du fumier .....	166
Pertes d'éléments nutritifs du fumier .....	167
Valeur à long terme du fumier .....	167
Besoins des cultures .....	168
Fumier et semis directs .....	169
Calibrage des épandeurs .....	170
Préoccupations environnementales liées au fumier .....	171
Biosolides et déchets utilisés sur les terres agricoles .....	172
Engrais .....	173
Sels solubles dans les terres agricoles .....	173
Toxicité des engrais .....	174
Engrais foliaires .....	176
Calcul des besoins en engrais .....	176

## 10. Dépistage

Dépistage	177
Quand effectuer les opérations de dépistage	177
Outils et techniques de dépistage	177
Utilisation des filets fauchoirs	177
Nombre de points d'échantillonnage	178
Schéma de dépistage	178
Densité de peuplement et niveaux d'infestation	179
Registre des observations sur le terrain	179
Manutention et soumission des échantillons	180
Utilisation des degrés-jours (Dj) et des unités thermiques de croissance (UTC)	180
Degrés-jours	180
Unités thermiques de croissance	181
Formulaires de dépistage sur le terrain	182

## 11. Gestion des grains stockés à la ferme

Entreposage des grains dans des cellules de stockage	183
Suggestions pour une bonne gestion des cellules de stockage	183
Vérification des grains entreposés	184
Maîtrise des insectes des grains entreposés à la ferme	184
Garder les lieux propres	184
Maintenir les installations d'entreposage en bon état	185
Entreposer des grains propres et secs	185
Bien surveiller la température d'entreposage et faire le dépistage des insectes	185
Identifier les ravageurs correctement	185
Insectes des grains entreposés	186
Technique de dépistage des insectes des grains entreposés	186

## 12. Lutte contre les mauvaises herbes

Pertes de récolte dues aux mauvaises herbes	189
Concurrence livrée aux mauvaises herbes par la culture	190
Lutte mécanique contre les mauvaises herbes	191
Résistance aux herbicides	192
Blessures causées par les herbicides	192

## 13. Déprédateurs des grandes cultures

Ravageurs généraux des grandes cultures	195
Ravageurs terrololes	195
Ravageurs du maïs	200
Ravageurs du soja	208
Insectes défoliateurs	210
Insectes perceurs de gousses	212
Ravageurs des cultures fourragères	213
Ravageurs des céréales	217
Ravageurs des haricots secs comestibles	220
Insectes défoliateurs	221
Ravageurs du canola	223
Ravageurs du tournesol	226

## 14. Maladies des grandes cultures

Généralités sur les pourritures des semences et maladies des plantules	227
Maladies du maïs	228
Maladies des plantules de maïs	228
Maladies foliaires du maïs	228
Pourritures de la tige	231
Pourritures et moisissures de l'épi	232
Maladies du soja	233
Maladies des plantules	233
Maladies des feuilles et des tiges	235
Maladies des gousses et des semences	239
Maladies de la luzerne	240
Maladies des plantules	240
Autres maladies du collet et des racines	242
Maladies foliaires	242
Maladies des céréales	243
Maladies des plantules	243
Maladies des feuilles et des tiges	245
Maladies de l'épi et du grain	248
Maladies de l'orge	251
Maladies de l'avoine	252
Maladies des haricots comestibles	252
Mesures préventives générales	252
Maladies du canola	256

## 15. Annexes

Annexe A. Fournisseurs de matériel pour le dépistage d'insectes	257
Annexe B. Feuille de calcul des doses d'azote pour le maïs (unités impériales) et explications détaillées	258
Annexe C. Laboratoires accrédités pour les analyses de sol en Ontario	260
Annexe D. Laboratoires d'analyse — aliments pour animaux et mycotoxines/moisissures	261
Annexe E. Laboratoires de dépistage du nématode à kyste du soja	262
Annexe F. Laboratoires offrant des tests de germination sur demande en Ontario	263
Annexe G. Calculs afférents à la détermination du seuil de nuisibilité économique de la pyrale du maïs	264
Annexe H. Autres ressources	265
Annexe I. Services de diagnostic	266
Annexe J. Calcul de la densité de peuplement pour différentes largeurs de rang	268
Annexe K. Détermination de la densité de peuplement de la culture et des populations de ravageurs à l'aide d'un « cerceau »	268
Annexe L. Teneurs en eau, poids spécifiques et taux de semis des semences de céréales commerciales	269
Annexe M. Le Système international (SI) dit « métrique »	270

16. Index	273
-----------	-----

17. Planches couleur	279
----------------------	-----



# Tableaux

## 1. Maïs

Tableau 1-1.	Comparaison des effets de deux systèmes de travail du sol sur les rendements du maïs-grain . . .	1
Tableau 1-2.	Effets des méthodes de travail du sol employées à l'automne sur le rendement du maïs-grain . . . . .	2
Tableau 1-3.	Méthodes de travail du sol employées à l'automne sans travail superficiel — effets sur le rendement du maïs-grain . . . . .	3
Tableau 1-4.	Effets des méthodes de travail du sol sur le rendement du maïs-grain cultivé après du soya . . .	3
Tableau 1-5.	Travail du sol par bandes en automne en vue d'une culture de maïs après du blé d'automne (paille mise en balles) . . . . .	4
Tableau 1-6.	Effets sur le rendement de la méthode d'épandage d'un engrais de phosphore et de potassium dans deux systèmes de travail du sol . . . . .	4
Tableau 1-7.	Effets de trois systèmes de travail du sol sur le rendement du maïs-grain . . . . .	5
Tableau 1-8.	Effets de la méthode de travail du sol sur les rendements du maïs cultivé après du blé d'automne . . . . .	5
Tableau 1-9.	Effets de différentes quantités de paille de blé sur le rendement du maïs en semis direct . . .	6
Tableau 1-10.	Effets sur le rendement du maïs de la mise en place d'engrais de phosphore et de potassium selon deux systèmes de travail du sol . . . . .	7
Tableau 1-11.	Effets du modèle de semoir et du mode de travail du sol sur le rendement du maïs . . . . .	7
Tableau 1-12.	UTC, comparaison des anciennes et des nouvelles données pour plusieurs localités de l'Ontario . . . . .	8
Tableau 1-13.	Équivalences approximatives entre trois systèmes de mesure de l'apport de chaleur pendant une saison de croissance . . . . .	8
Tableau 1-14.	Dates recommandées pour cesser de semer des hybrides de pleine saison dans différentes zones d'unités thermiques de croissance . . . . .	11
Tableau 1-15.	Poids spécifique du maïs-grain et probabilités d'impuretés . . . . .	11
Tableau 1-16.	Densité de peuplement selon l'espacement des semences . . . . .	12
Tableau 1-17.	Stades végétatifs du maïs . . . . .	14
Tableau 1-18.	Stades reproductifs du maïs . . . . .	15
Tableau 1-19.	Comparaison des stades de croissance . . . . .	15
Tableau 1-20.	Effets de l'espacement des plants et de la variabilité de la levée sur le rendement du maïs . . . . .	16
Tableau 1-21.	Effets de la vitesse du semoir sur l'écart type par rapport à l'espacement voulu, la densité et le rendement du maïs . . . . .	17
Tableau 1-22.	Effets du modèle de semoir sur la variabilité de l'espacement des plants de maïs . . . . .	17

Tableau 1-23.	Rendement en grain prévu selon les dates de semis et les densités de peuplement . . . . .	18
Tableau 1-24.	Doses d'azote recommandées selon la quantité d'azote des nitrates . . . . .	20
Tableau 1-25.	Doses de phosphate et de potasse recommandées pour le maïs d'après les analyses reconnues par le MAAARO . . . . .	22
Tableau 1-26.	Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour le maïs . . . . .	24
Tableau 1-27.	Températures maximales de l'air recommandées pour le séchage du maïs destiné à diverses utilisations . . . . .	25
Tableau 1-28.	Teneur en eau à l'équilibre du maïs exposé à l'air . . . . .	26
Tableau 1-29.	Risques estimatifs de baisse du rendement et de la qualité du maïs-grain associés aux dommages causés par le gel en fin de saison . . .	28
Tableau 1-30.	Pourcentage estimatif de pertes de rendement du maïs-grain après une défoliation à divers stades de croissance . . . . .	29

## 2. Soya

Tableau 2-1.	Rendement du soya selon le système de travail du sol . . . . .	31
Tableau 2-2.	Rendement des cultures de soya au Collège de Ridgetown, Université de Guelph, de 1992 à 2000 . . . . .	31
Tableau 2-3.	Effet du travail du sol réduit au printemps sur le rendement du soya (2003-2005) . . . . .	32
Tableau 2-4.	Effets du travail du sol et de la gestion des résidus de blé sur le rendement du soya (1994-1996) . . . . .	32
Tableau 2-5.	Rendement du soya en fonction de diverses rotations des cultures (1997 à 2000) . . . . .	32
Tableau 2-6.	Dates de maturité des cultivars de soya nécessitant 2 950, 3 050 et 3 150 unités thermiques de croissance (1990 à 1999) . . . . .	33
Tableau 2-7.	Effet des dates de semis sur le rendement et la hauteur des plants . . . . .	36
Tableau 2-8.	Effet de l'espacement des rangs sur le nombre de jours avant la formation d'un couvert complet (semis en mai) . . . . .	36
Tableau 2-9.	Incidence de l'espacement des rangs sur le rendement . . . . .	37
Tableau 2-10.	Rendements obtenus avec un semoir à céréales de 7,5 po et un semoir de précision . . .	37
Tableau 2-11.	Taux de semis recommandés pour le soya . . . . .	38
Tableau 2-12.	Effets du traitement des semences sur la densité de peuplement et le rendement du soya . . . . .	39
Tableau 2-13.	Rendement prévu des peuplements de soya optimaux et réduits . . . . .	40
Tableau 2-14.	Stades végétatifs du soya . . . . .	42
Tableau 2-15.	Stades reproductifs du soya . . . . .	43

Tableau 2-16.	Doses de phosphate et de potasse recommandées pour le soya d'après les analyses de sol reconnues par le MAAARO	45
Tableau 2-17.	Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour le soya	45
Tableau 2-18.	Teneur en eau à l'équilibre (% à l'état humide) du soya exposé à l'air	48
Tableau 2-19.	Pourcentage de perte de rendement des cultivars de soya indéterminés selon la surface foliaire endommagée et le stade de croissance	50

### 3. Cultures fourragères

Tableau 3-1.	Caractéristiques des espèces fourragères vivaces cultivées en Ontario	54
Tableau 3-2.	Caractéristiques des cultures fourragères annuelles en Ontario	59
Tableau 3-3.	Mélanges recommandés pour le fourrage entreposé et le pâturage	61
Tableau 3-4.	Taux de semis recommandés pour les peuplements de légumineuses et les peuplements de graminées purs, et nombre approximatif de semences par unité de poids pour plusieurs espèces fourragères	63
Tableau 3-5.	Doses d'azote recommandées sur les cultures fourragères vivaces	66
Tableau 3-6.	Recommandations relatives aux apports d'azote pour pâturages ou prairies de fauche améliorés	66
Tableau 3-7.	Doses de phosphate recommandées pour les cultures fourragères, d'après les analyses de sol reconnues par le MAAARO	67
Tableau 3-8.	Doses de potasse recommandées pour les cultures fourragères, d'après les analyses de sol reconnues par le MAAARO	68
Tableau 3-9.	Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour la luzerne	68
Tableau 3-10.	Digestibilité et teneur en protéines de la luzerne et du brome à divers stades de maturité	70
Tableau 3-11.	Pertes potentielles à la fénaison	71
Tableau 3-12.	Guide des teneurs en eau à l'entreposage	72
Tableau 3-13.	Problèmes d'ensilage fréquents et leurs causes	77
Tableau 3-14.	Densités souhaitables des peuplements de luzerne	82

### 4. Céréales

Tableau 4-1.	Rendement du blé d'automne selon la méthode de travail du sol	83
Tableau 4-2.	Syndrome du rang de maïs	84
Tableau 4-3.	Effet des doses d'engrais sur le rendement	84
Tableau 4-4.	Comparaison des semis de céréales de printemps sur sol gelé et sur sol sec	85
Tableau 4-5.	Comparaison de la quantité et de la qualité de la paille	86
Tableau 4-6.	Éléments nutritifs de la paille	86
Tableau 4-7.	Caractéristiques de diverses classes de céréales	87

Tableau 4-8.	Calcul du potentiel de rendement pour plusieurs densités de peuplement	94
Tableau 4-9.	Densités de peuplement recommandées pour les cultures céréalières	94
Tableau 4-10.	Calcul du taux de semis	95
Tableau 4-11.	Écartement des rangs de blé d'automne	95
Tableau 4-12.	Aspects de la gestion des cultures de blé après diverses cultures dans les rotations	96
Tableau 4-13.	Besoins en azote des cultures céréalières	98
Tableau 4-14.	Besoins en azote du blé de qualité pâtissière	98
Tableau 4-15.	Recommandations relatives aux apports d'azote pour l'orge de printemps selon la teneur du sol en azote des nitrates	99
Tableau 4-16.	Pertes de rendement liées à des schémas d'épandage de l'azote erronés	99
Tableau 4-17.	Le NAU comme support pour herbicides	100
Tableau 4-18.	Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour les céréales	100
Tableau 4-19.	Doses de phosphate et de potasse recommandées pour les céréales d'après les analyses reconnues par le MAAARO	101
Tableau 4-20.	Influence de la vitesse de rotation du ventilateur sur le rendement du blé	102
Tableau 4-21.	Débit d'air recommandé pour le séchage du blé à l'air ambiant et à basse température	104
Tableau 4-22.	Températures maximales de l'air recommandées pour le séchage du blé de meunerie et de semence	104
Tableau 4-23.	Teneur en eau à l'équilibre du blé tendre d'automne exposé à l'air	105

### 5. Haricots secs comestibles

Tableau 5-1.	Dates de semis recommandées	110
Tableau 5-2.	Taux de semis pour les haricots blancs	111
Tableau 5-3.	Taux de semis pour les haricots colorés	111
Tableau 5-4.	Stades végétatifs et reproductifs des haricots secs	113
Tableau 5-5.	Doses de phosphate et de potasse recommandées pour les haricots secs comestibles d'après les analyses reconnues par le MAAARO	114
Tableau 5-6.	Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux de haricots secs	115
Tableau 5-7.	Pertes moyennes à la récolte des haricots blancs	116

### 6. Canola de printemps et canola d'automne

Tableau 6-1.	Quantités de semences nécessaires pour atteindre les taux de semis visés	121
Tableau 6-2.	Nombre approximatif de degrés-jours pour atteindre divers stades de développement	122
Tableau 6-3.	Doses d'azote recommandées pour le canola de printemps	123
Tableau 6-4.	Besoins en azote du canola d'automne au printemps	123
Tableau 6-5.	Doses de phosphate et de potasse recommandées pour le canola d'après les analyses reconnues par le MAAARO	124

Tableau 6-6.	Pourcentage de perte de rendement due à la destruction des ramifications pendant la floraison du canola.	127
--------------	--	-----

## 7. Autres cultures

Tableau 7-1.	Besoins en azote du sarrasin	130
Tableau 7-2.	Doses recommandées de phosphate et de potasse pour le sarrasin et le lin, selon les résultats d'analyses de sol reconnues par le MAAARO	131
Tableau 7-3.	Doses recommandées de phosphate et de potasse pour le tournesol, selon les résultats d'analyses de sol reconnues par le MAAARO	134

## 8. Gestion des sols

Tableau 8-1.	Réservoirs de matière organique du sol	138
Tableau 8-2.	Types de structure du sol	140
Tableau 8-3.	Types de compactage du sol	141
Tableau 8-4.	Évaluation de la santé du sol	142
Tableau 8-5.	Effets des différentes pratiques de gestion sur les gains et les pertes de matière organique	144
Tableau 8-6.	Pourcentage de matière organique recherchée selon la texture du sol	144
Tableau 8-7.	Effets de l'apport de fumier pendant 11 ans sur la teneur en matière organique	145
Tableau 8-8.	Cultures couvre-sol recommandées en fonction des besoins	146
Tableau 8-9.	Choix d'une culture couvre-sol	147
Tableau 8-10.	Caractéristiques des couvre-sol cultivés en Ontario	148
Tableau 8-11.	Effet de la rotation sur le rendement du maïs	149
Tableau 8-12.	Points à considérer dans le choix des rotations de cultures	150
Tableau 8-13.	Méthodes de lutte contre l'érosion	151

## 9. Fertilité et éléments nutritifs

Tableau 9-1.	Analyses de sol reconnues par le MAAARO	156
Tableau 9-2.	pH auquel le chaulage est recommandé pour les cultures en Ontario	158
Tableau 9-3.	Quantité de chaux nécessaire pour corriger l'acidité du sol en fonction du pH et du pH tampon	159
Tableau 9-4.	Exemple de calcul de la finesse de mouture de la chaux	159
Tableau 9-5.	Interprétation des résultats sur le manganèse	161
Tableau 9-6.	Interprétation des résultats sur le zinc	162
Tableau 9-7.	Réduction des besoins en azote à la suite de l'enfouissement d'un engrais vert de légumineuses	162
Tableau 9-8.	Quantités moyennes d'azote, de phosphate et de potasse biodisponibles selon la source d'éléments nutritifs organiques	164
Tableau 9-9.	Proportions approximatives d'azote ammoniacal par rapport à l'azote total par type de fumier	165

Tableau 9-10.	Pourcentage estimatif des pertes d'azote ammoniacal attribuables aux conditions atmosphériques et aux conditions du sol	165
Tableau 9-11.	Pourcentage estimatif des pertes d'azote organique biodisponible pendant l'année de l'application	166
Tableau 9-12.	Proportion d'azote biodisponible provenant de fumier épandu à la fin de l'été et en automne	166
Tableau 9-13.	Résultats typiques d'une analyse de fumier, en fonction du type d'animaux (poids humide)	167
Tableau 9-14.	Prélèvement moyen d'éléments nutritifs (N, P, K) par certaines grandes cultures	170
Tableau 9-15.	Calibrage des épandeurs de fumier	171
Tableau 9-16.	Densité de différents types de fumier	171
Tableau 9-17.	Engrais - Éléments nutritifs primaires	173
Tableau 9-18.	Engrais - Éléments secondaires et oligo-éléments	173
Tableau 9-19.	Densités des engrais liquides les plus répandus	174
Tableau 9-20.	Interprétation des résultats de conductivité du sol	174
Tableau 9-21.	Doses maximales sûres des éléments nutritifs	176

## 10. Dépistage

Tableau 10-1.	Nombre de points d'échantillonnage recommandés selon la taille du terrain et le ravageur	178
Tableau 10-2.	Densités de peuplement selon la largeur des rangs	179
Tableau 10-3.	Détermination de la densité de peuplement et des populations de ravageurs à l'aide d'un cerceau	179
Tableau 10-4.	Accumulations quotidiennes d'unités thermiques de croissance en fonction des températures maximale et minimale	181

## 11. Gestion des grains stockés à la ferme

Tableau 11-1.	Temps requis pour que le front d'aération atteigne la surface du grain	184
Tableau 11-2.	Stratégies de lutte contre les insectes nuisibles des grains entreposés à la ferme	186

## 12. Lutte contre les mauvaises herbes

Tableau 12-1.	Périodes critiques d'absence de mauvaises herbes dans les grandes cultures en Ontario	190
Tableau 12-2.	Pertes de rendement du maïs et du soja dues aux mauvaises herbes dans différentes conditions d'humidité du sol	191
Tableau 12-3.	Pertes de rendement attribuables aux mauvaises herbes dans le soja et le maïs en fonction de densités de peuplement connues dans l'hypothèse où les mauvaises herbes lèvent en même temps que la culture	191
Tableau 12-4.	Classement des blessures causées par les herbicides en fonction des organes atteints	193

### 13. Déprédateurs des grandes cultures

Tableau 13-1. Symptômes d'infestations dans les champs de maïs .....	201
Tableau 13-2. Symptômes d'infestations dans les champs de soya .....	208
Tableau 13-3. Seuils de nuisibilité des insectes défoliateurs pour le soya .....	211
Tableau 13-4. Symptômes d'infestations dans les cultures fourragères .....	213
Tableau 13-5. Seuils d'intervention contre la cicadelle de la pomme de terre dans la luzerne et les haricots secs comestibles .....	216
Tableau 13-6. Symptômes d'infestations dans les champs de céréales .....	217
Tableau 13-7. Symptômes d'infestations dans les champs de haricots secs comestibles .....	221

Tableau 13-8. Symptômes d'infestations dans les champs de canola .....	223
--	-----

### 14. Maladies des grandes cultures

Tableau 14-1. Risque de perte de rendement associé à différents niveaux de population de NKS .....	236
Tableau 14-2. Symptômes de la pourriture brune des tiges, du chancre des tiges et du syndrome de la mort subite sur les racines, les tiges et les feuilles du soya .....	237
Tableau 14-3. Comparaison des principales rouilles des petites céréales en Ontario .....	246
Tableau 14-4. Comparaison des maladies causées par le virus de la jaunisse nanisante de l'orge, le virus de la mosaïque à Polymyxa du blé et le virus de la mosaïque striée du blé .....	247

## Figures

### 1. Maïs

Figure 1-1. Unités thermiques de croissance (UTC-MI) pour le maïs .....	9
Figure 1-2. Calendrier de dépistage des ennemis du maïs .....	27

### 2. Soya

Figure 2-1. Effet de la détérioration des semences sur leur vigueur et leur pouvoir germinatif .....	35
Figure 2-2. Effets des taux de semis sur le rendement du soya .....	38
Figure 2-3. Champ à peuplement réduit .....	41
Figure 2-4. Calendrier de dépistage des ennemis du soya .....	49

### 3. Cultures fourragères

Figure 3-1. Drainage du sol requis par les espèces fourragères .....	58
Figure 3-2. Estimation des pertes de foin et d'ensilage préfané à la récolte et à l'entreposage .....	71
Figure 3-3. Calendrier de dépistage des ennemis des cultures fourragères .....	79
Figure 3-4. Début de la période critique de récolte d'automne pour la luzerne .....	80
Figure 3-5. Rendement potentiel de la luzerne selon le nombre de tiges par unité de surface .....	82

### 4. Céréales

Figure 4-1. Nombre de jours avant la levée selon la profondeur de semis .....	90
Figure 4-2. Stades de croissance des céréales .....	91
Figure 4-3. Rendement du blé d'automne à l'échelle de la province de 1981 à 2008 .....	92
Figure 4-4. Dates de semis optimales du blé d'automne en Ontario .....	93
Figure 4-5. Configuration recommandée pour un système à buses doubles orientées avant-arrière .....	97
Figure 4-6. Calendrier de dépistage des ennemis des cultures céréalières .....	106

### 5. Haricots secs comestibles

Figure 5-1. Calendrier de dépistage des ennemis des haricots secs comestibles .....	117
---	-----

### 6. Canola de printemps et canola d'automne

Figure 6-1. Calendrier de dépistage des ennemis du canola .....	126
---	-----

### 8. Gestion des sols

Figure 8-1. Variabilité des horizons pédologiques .....	137
Figure 8-2. Protection des cultures par les brise-vent .....	152

### 9. Fertilité et éléments nutritifs

Figure 9-1. Évolution des ventes d'engrais au détail .....	155
--	-----

### 10. Dépistage

Figure 10-1. Schémas de dépistage .....	178
---	-----

### 11. Gestion des grains stockés à la ferme

Figure 11-1. Manomètre de fabrication artisanale .....	183
--	-----

### 12. Lutte contre les mauvaises herbes

Figure 12-1. Pertes de rendement types attribuables à la concurrence livrée par les mauvaises herbes dans les grandes cultures .....	190
--	-----

### 13. Déprédateurs des grandes cultures

Figure 13-1. Cycles biologiques et périodes d'alimentation des principaux asticots (hanneton européen, hanneton commun et scarabée japonais) .....	196
Figure 13-2. Défoliation du soya due aux insectes défoliateurs .....	210
Figure 13-3. Pertes de rendement en fonction de la défoliation des petits haricots ronds blancs .....	222



# Planches couleur

Planche 1. Carence en azote chez le maïs . . . . .	279	Planche 44. Brûlure par le Pardner (bromoxynil) . . . . .	286
Planche 2. Dommages dus au stress ou au froid sur le maïs . . . . .	279	Planche 45. Dérive de Reglone sur un champ de maïs . . . . .	286
Planche 3. Carence en potassium chez le maïs . . . . .	279	Planche 46. Reflex (fomésafène) sur des feuilles de maïs . . . . .	286
Planche 4. Carence en magnésium chez le maïs . . . . .	279	Planche 47. Dommages au soya par un surfactant . . . . .	286
Planche 5. Carence en zinc chez le maïs . . . . .	279	Planche 48. Feuilles de blé brûlées par du NAU . . . . .	286
Planche 6. Sécheresse ou carence en eau chez le maïs . . . . .	279	Planche 49. Embruns de Assure II sur un plant de maïs . . . . .	287
Planche 7. Résultat d'une profondeur de semis variable . . . . .	280	Planche 50. Dommages à un plant de soya par le Classic . . . . .	287
Planche 8. Brûlure des racines par un engrais . . . . .	280	Planche 51. Embruns de Pursuit (imazéthapyr) sur le maïs . . . . .	287
Planche 9. Dommages causés par le gel à la mi-juin . . . . .	280	Planche 52. Dommages causés à un plant de maïs par l'Ulxtim, l'Accent ou l'Option . . . . .	287
Planche 10. Dégâts causés par la grêle au maïs . . . . .	280	Planche 53. Dommages par le 2,4-D à un plant de haricot . . . . .	287
Planche 11. Dommages causés par des oiseaux à un épi . . . . .	280	Planche 54. Épis de blé d'automne déformés par le 2,4-D . . . . .	287
Planche 12. Résultat d'un taux de semis trop élevé . . . . .	280	Planche 55. Dérive de dicamba provoquant le recourbement en cuvette des feuilles de soya . . . . .	288
Planche 13. Résultat de semis trop peu profonds en sol sec . . . . .	281	Planche 56. Embruns de glyphosate sur le soya . . . . .	288
Planche 14. Carence en potassium chez le soya . . . . .	281	Planche 57. Embruns de Callisto (mésotrione) sur le soya . . . . .	288
Planche 15. Carence en manganèse chez le soya . . . . .	281	Planche 58. Rémanence de Command (clomazone) . . . . .	288
Planche 16. Dégâts causés au soya par le gel . . . . .	281	Planche 59. Larve du hanneton européen . . . . .	288
Planche 17. Dégâts causés au soya par la grêle . . . . .	281	Planche 60. Larve du hanneton commun . . . . .	288
Planche 18. Dégât causé par la foudre . . . . .	281	Planche 61. Larve du scarabée japonais . . . . .	289
Planche 19. Graines de soya vertes à maturité . . . . .	282	Planche 62. Scarabée japonais . . . . .	289
Planche 20. Carence en potassium chez la luzerne . . . . .	282	Planche 63. Ver fil-de-fer . . . . .	289
Planche 21. Carence en bore chez la luzerne . . . . .	282	Planche 64. Larve de la mouche des légumineuses . . . . .	289
Planche 22. Déchaussement de la luzerne . . . . .	282	Planche 65. Limace . . . . .	289
Planche 23. Syndrome du rang de maïs dans le blé . . . . .	282	Planche 66. Feuillage endommagé par des limaces . . . . .	289
Planche 24. Céréales versées . . . . .	282	Planche 67. Ver-gris noir . . . . .	290
Planche 25. Brûlure des feuilles par le NAU à 28 % . . . . .	283	Planche 68. Égratignures causées par une altise du maïs . . . . .	290
Planche 26. Carence en manganèse sur feuilles d'avoine . . . . .	283	Planche 69. Larves de la légionnaire uniponctuée . . . . .	290
Planche 27. Carence en manganèse sur le blé d'automne . . . . .	283	Planche 70. Larve de la noctuelle de pomme de terre . . . . .	290
Planche 28. Déchaussement du blé d'automne . . . . .	283	Planche 71. Masses d'œufs de la pyrale du maïs . . . . .	290
Planche 29. Symptômes de « bronzage » causé par l'ozone . . . . .	283	Planche 72. Larve de la pyrale du maïs . . . . .	290
Planche 30. Carence en soufre chez le canola . . . . .	283	Planche 73. Adultes de la pyrale du maïs . . . . .	291
Planche 31. Dommages par le gel à une plantule de canola . . . . .	284	Planche 74. Larves de chrysomèles des racines du maïs . . . . .	291
Planche 32. Dommages par le froid au feuillage de canola . . . . .	284	Planche 75. Chrysomèle occidentale des racines du maïs . . . . .	291
Planche 33. Échaudage chez le canola . . . . .	284	Planche 76. Chrysomèle septentrionale des racines du maïs . . . . .	291
Planche 34. Piège-sonde utilisé dans le grain . . . . .	284	Planche 77. Œufs du ver-gris occidental du haricot . . . . .	291
Planche 35. Cucujide roux adulte . . . . .	284	Planche 78. Larve du ver-gris occidental du haricot . . . . .	291
Planche 36. Pyrale indienne de la farine . . . . .	284	Planche 79. Ver de l'épi du maïs sur des soies de maïs . . . . .	292
Planche 37. Charançon du blé . . . . .	285	Planche 80. Larve de la légionnaire d'automne . . . . .	292
Planche 38. Petit perceur des céréales . . . . .	285	Planche 81. Pucerons du maïs sur un épi . . . . .	292
Planche 39. Dommages par le Prowl (pendiméthaline) . . . . .	285	Planche 82. Pucerons du soya sur le revers d'une feuille . . . . .	292
Planche 40. Dommages au haricot par le Frontier . . . . .	285	Planche 83. Larve de coccinelle, ennemi du puceron du soya . . . . .	292
Planche 41. Dual II Magnum sur une feuille de soya . . . . .	285	Planche 84. Momie noire : un puceron parasité . . . . .	292
Planche 42. Dommages au soya par des résidus d'atrazine . . . . .	285	Planche 85. Tétranyques à deux points . . . . .	293
Planche 43. Éclaboussure de Sencor (métribuzine) . . . . .	286		

Planche 86.	Feuille infestée par des tétranyques .....	293	Planche 127.	Taches de mildiou sur une foliole de soya .....	300
Planche 87.	Adulte de la chrysomèle du haricot .....	293	Planche 128.	Chancre des tiges sur le soya .....	300
Planche 88.	Adulte de la punaise verte .....	293	Planche 129.	Nécrose d'une feuille de soya causée par le syndrome de la mort subite .....	300
Planche 89.	Adulte du charançon de la luzerne .....	293	Planche 130.	Rouille asiatique du soya sur feuilles de soya .....	300
Planche 90.	Larves de charançons de la luzerne .....	293	Planche 131.	Examen à la loupe des symptômes foliaires de la rouille asiatique .....	300
Planche 91.	Galerie creusées par des larves de l'agromyze de la luzerne .....	294	Planche 132.	Maîtrise de la rouille asiatique de soya .....	300
Planche 92.	Adulte du charançon postiche de la luzerne .....	294	Planche 133.	Halos jaunes de la brûlure bactérienne .....	301
Planche 93.	Larve du charançon postiche sur une feuille .....	294	Planche 134.	Symptômes foliaires de la mosaïque du soya .....	301
Planche 94.	Cicadelle de la pomme de terre sur une feuille .....	294	Planche 135.	Graines infectées par la mosaïque du soya .....	301
Planche 95.	Brûlure par la cicadelle de la pomme de terre .....	294	Planche 136.	Lésions foliaires de la cercosporose .....	301
Planche 96.	Pucerons du merisier à grappes .....	294	Planche 137.	Maladie des graines pourpres chez le soya .....	301
Planche 97.	Larve du criocère des céréales .....	295	Planche 138.	Pourriture des graines de soya .....	301
Planche 98.	Adulte du criocère des céréales .....	295	Planche 139.	Pourriture phomopsienne chez le soya .....	302
Planche 99.	Adulte de la coccinelle mexicaine des haricots .....	295	Planche 140.	Phytophthora sur des racines .....	302
Planche 100.	Punaise terne .....	295	Planche 141.	Fusariose vasculaire .....	302
Planche 101.	Altise des navets et altise des crucifères .....	295	Planche 142.	Maladie des taches de poivre sur des feuilles .....	302
Planche 102.	Charançons de la graine du chou .....	295	Planche 143.	Verticilliose sur un plant de luzerne .....	302
Planche 103.	Gousse de canola endommagée par le charançon de la graine du chou .....	296	Planche 144.	Fonte des semis sur des plantules de céréales .....	302
Planche 104.	Dommages de la cécidomyie du chou-fleur sur de jeunes plants de canola .....	296	Planche 145.	Piétin-échaudage visible à l'épiaison .....	303
Planche 105.	Dommages de la cécidomyie du chou-fleur sur des plants de canola montés à graines .....	296	Planche 146.	Piétin-verse chez les céréales .....	303
Planche 106.	Adulte de la fausse-teigne des crucifères .....	296	Planche 147.	Moisissures nivéales des céréales .....	303
Planche 107.	Larve de la fausse-teigne des crucifères .....	296	Planche 148.	Rouille des feuilles sur une feuille de blé .....	303
Planche 108.	Anthraxose .....	296	Planche 149.	Rouille des tiges chez les céréales .....	303
Planche 109.	Longues stries causées par le dessèchement .....	297	Planche 150.	Jaunisse nanisante de l'orge .....	303
Planche 110.	Symptômes de dessèchement sur un cultivar sensible et sur un cultivar résistant .....	297	Planche 151.	Blanc (oidium) sur une feuille de céréale .....	304
Planche 111.	Kabatiellose sur une feuille de maïs .....	297	Planche 152.	Taches septoriennes sur une feuille de céréale .....	304
Planche 112.	Maladie de Stewart sur une feuille de maïs .....	297	Planche 153.	Tache des glumes sur un épi .....	304
Planche 113.	Rouille commune sur une feuille de maïs .....	297	Planche 154.	Charbon nu sur un épi de céréale .....	304
Planche 114.	Charbon commun .....	297	Planche 155.	Blanchiment d'épis par la fusariose de l'épi .....	304
Planche 115.	Charbon des inflorescences .....	298	Planche 156.	Taches helminthosporiennes sur des feuilles .....	304
Planche 116.	Pourriture de la tige causée par l'anthraxose .....	298	Planche 157.	Rayures réticulées sur une feuille .....	305
Planche 117.	Infection par Gibberella : fusariose de la tige .....	298	Planche 158.	Haricot : complexe de la pourriture des racines .....	305
Planche 118.	Fusariose de l'épi et du grain .....	298	Planche 159.	Graisses bactériennes sur feuillage de haricot .....	305
Planche 119.	Fusariose de l'épi causée par Gibberella .....	298	Planche 160.	Anthraxose sur feuilles et gousses de haricot .....	305
Planche 120.	Pourriture fusarienne sur une racine de maïs .....	298	Planche 161.	Pourriture à sclérotés chez le haricot .....	305
Planche 121.	Pourriture phytophthoréenne .....	299	Planche 162.	Lésions de pourriture à sclérotés sur une tige .....	305
Planche 122.	Rhizoctone commun .....	299	Planche 163.	Sclérotés de la pourriture à sclérotés .....	306
Planche 123.	Maladie des taches brunes sur une feuille .....	299	Planche 164.	Pourriture à sclérotés sur graines de canola .....	306
Planche 124.	Plants de soya infectés par le NKS .....	299	Planche 165.	Pourriture à sclérotés chez le tournesol .....	306
Planche 125.	Kystes du NKS sur des racines de soya .....	299	Planche 166.	Jambe noire sur une feuille de canola .....	306
Planche 126.	Oidium (blanc) sur une feuille de soya .....	299	Planche 167.	Jambe noire sur feuille et tige de canola .....	306
			Planche 168.	Marbrure des feuilles et gaufrage du limbe causés par le virus de la mosaïque du navet .....	306

# Introduction

En Ontario, les grandes cultures sont produites sous une grande diversité de conditions climatiques et édaphiques. L'objectif commun est une production culturale avantageuse sur les plans environnemental et économique qui s'appuie sur des techniques éprouvées, comprenant notamment le dépistage et la surveillance, la gestion des sols et de la fertilité, et différentes pratiques de travail du sol, de semis et de récolte. Ces techniques, alliées à des essais en champs, aident les producteurs à choisir les pratiques qui conviennent le mieux à leurs propres situations. L'adoption de bonnes pratiques agronomiques est indispensable à la production d'aliments, de fibres et de carburants sur les fermes de l'Ontario. La réussite en productions culturales passe par la mise en œuvre de nombreuses pratiques de gestion interdépendantes. Évidemment, un peu de chance et des conditions climatiques favorables sont toujours bienvenues.

Le *Guide agronomique des grandes cultures* se veut une ressource technique pour la production de grandes cultures. Cette deuxième édition remplace celle de 2002. Elle prend en compte les résultats des recherches menées en Ontario et renferme les recommandations courantes approuvées par :

- le Comité ontarien de recherches sur les grandes cultures,
- le Comité ontarien de la recherche et des services en matière de lutte contre les ennemis des cultures, et
- le Comité ontarien de la recherche et des services en matière de gestion des sols.

Toutes les sujets abordés dans ce guide mettent en valeur la production durable et l'utilisation responsable des richesses naturelles.

Certains renseignements qu'il contient proviennent d'autres sources, notamment : l'Université de Guelph, l'Association pour l'amélioration des sols et des récoltes de l'Ontario, la Innovative Farmers Association of Ontario, des fournisseurs de semences, le ministère de l'Agriculture des États-Unis (USDA), des universités américaines et d'autres établissements de recherche. Certaines données, en apparence moins à jour, sont néanmoins utilisées puisqu'elles représentent l'information la plus pertinente et la plus récente qui soit.

Le *Guide agronomique des grandes cultures* sera affiché intégralement dans le site Web du MAAARO. Sur bon nombre de sujets exposés, le ministère dispose de bien plus d'information qu'il n'est en mesure d'offrir dans le présent guide. Pour en savoir davantage et pour obtenir des renseignements à jour, le lecteur est invité à consulter les différentes pages de cultures du MAAARO à l'adresse [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

À noter que cette publication ne propose aucune recommandation de pesticides en vue de combattre les insectes, les maladies et les mauvaises herbes. Pour des renseignements précis sur ce sujet, se référer à la publication 812F, *Guide de protection des grandes cultures*, et à la publication 75F, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*, toutes deux produites par le MAAARO. On trouvera au début du présent guide tous les renseignements nécessaires pour commander cette publication ou toute autre publication du MAAARO. Par ailleurs, les deux guides mentionnés ci-dessus, ainsi que tous suppléments éventuels, sont affichés sur notre site Web à l'adresse [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).









# I. Maïs

Le maïs est largement cultivé dans tout le sud de l'Ontario. Au cours des années 1998 à 2007, la superficie moyenne consacrée au maïs-grain était de 720 000 ha (1,78 million d'acres), avec un rendement moyen de 7,97 t/ha (127 bo/ac). En outre, le maïs à ensilage destiné à l'alimentation animale occupe 121 000 ha (0,3 million d'acres). Le maïs-grain cultivé dans la province est destiné soit à l'alimentation animale (60 %), soit à des usages industriels (40 %).

## Méthodes de travail du sol

Pour la production de maïs en Ontario, la nécessité d'un travail du sol dépend avant tout de la texture de celui-ci et du type de rotation des cultures. Les sols sont généralement saturés au début du printemps, et il faut qu'ils s'assèchent rapidement pour permettre d'effectuer les semis assez tôt. Employé à bon escient, le travail du sol a pour effet de l'ameublir, ce qui lui permet de sécher plus rapidement au printemps. Il améliore également le drainage et réduit la couche de résidus, ce qui accroît la vitesse d'évaporation.

## Texture et drainage du sol

Le travail du sol peut accélérer de façon importante l'assèchement et le réchauffement de celui-ci, notamment là où le drainage naturel est relativement lent, et il permet souvent de faire les semis assez tôt et d'obtenir une levée rapide et uniforme. De façon générale, en Ontario, cette méthode améliore peu les rendements sur des sols à texture grossière (sable, sable loameux et loam sableux) qui se drainent bien (classe de drainage rapide ou bon), même après des cultures qui laissent une importante couche de résidus comme le maïs-grain ou les céréales. Le tableau 1-1, *Comparaison des effets de deux systèmes de travail du sol sur les rendements du maïs-grain*, sur

cette page, résume les résultats des recherches effectuées en Ontario sur le travail du sol dans les cultures de maïs après une récolte de maïs-grain ou de céréales; ces résultats ont été regroupés selon la texture du sol. Sur les sols à texture grossière, le travail du sol n'a permis d'améliorer les rendements que de façon irrégulière. Sur les sols à texture moyenne et fine, cette opération a permis un accroissement des rendements dans environ 70 % des cas avec une moyenne de 5 à 7 %.

## Rotation des cultures

Un bon système de rotation des cultures peut remplacer un important effort de travail du sol. Le tableau 1-1, *Comparaison des effets de deux systèmes de travail du sol sur les rendements du maïs-grain*, sur cette page, résume les résultats des recherches qui ont été effectuées en Ontario sur le travail du sol dans les cultures de maïs; ces résultats concernent des sols à texture moyenne et fine et ont été regroupés selon la nature de la culture précédente. Après des cultures fourragères, le travail du sol ne permet généralement qu'un faible accroissement du rendement du maïs. L'inclusion de cultures fourragères dans la rotation améliore la structure du sol et l'ameublissement parfois assez pour permettre de ne pas le travailler. Dans les systèmes de semis direct, la relative faiblesse du gain de rendement produit par le travail du sol après une culture de soya (plutôt qu'après des céréales ou du maïs-grain) s'explique en partie par les moindres quantités de résidus qui sont laissées sur place. En présence d'importantes quantités de résidus, le sol peut rester plus frais au début de la saison, ce qui retarde les semis, ralentit de la croissance du maïs et réduit le potentiel de rendement. Après une culture de céréales ou de maïs-grain sur des sols à texture moyenne ou fine, le travail du sol s'est accompagné d'un accroissement des rendements de maïs dans 75 % des cas avec une moyenne de 5 à 9 %.

**Tableau 1-1.** Comparaison des effets de deux systèmes de travail du sol sur les rendements du maïs-grain

	Nombre de sites	Semis direct t/ha (bo/ac)	Charrue à socs t/ha (bo/ac)	Gain de rendement (en %)	Charrue à socs, gain:perte
<b>Texture du sol</b>					
Essais effectués après une culture de céréales (paille en balles) ou de maïs-grain (1982-2007).					
Grossière	11	8,22 (131)	8,16 (130)	-0,9	45:55
Moyenne	79	8,66 (138)	9,16 (146)	5,6	72:28
Fine	42	8,60 (137)	9,16 (146)	6,5	71:29
<b>Culture précédente</b>					
Essais effectués sur des sols à texture moyenne ou fine après diverses cultures (1982-2007).					
Cultures fourragères	13	8,84 (141)	8,91 (142)	0,7	54:46
Soya	50	8,98 (143)	9,04 (144)	0,9	56:44
Céréales (paille mise en balles)	75	9,23 (147)	9,60 (153)	4,1	71:29
Maïs-grain	49	7,72 (123)	8,41 (134)	9,1	76:24

Source: Base de données Tillage Ontario, 2008 ([www.tillageontario.com](http://www.tillageontario.com)).

**Tableau 1-2. Effets des méthodes de travail du sol employées à l'automne sur le rendement du maïs-grain**

Endroit	Comté	Sol	Culture précédente	Nbre d'années	Méthode de travail du sol à l'automne <sup>1</sup> : Rendement du maïs		
					Charrue à socs	Chisel	Pulvérisateur déporté
Milton	Halton	loam argileux	maïs	3	7,34 t/ha (117 bo/ac)	6,84 t/ha (109 bo/ac)	6,84 t/ha (109 bo/ac)
Elora	Wellington	loam limoneux	maïs	7	7,72 t/ha (123 bo/ac)	7,34 t/ha (117 bo/ac)	7,59 t/ha (121 bo/ac)
Elora	Wellington	loam limoneux	soya	2	7,40 t/ha (118 bo/ac)	7,40 t/ha (118 bo/ac)	7,78 t/ha (124 bo/ac)
Comber	Essex	loam argileux	soya	3	7,78 t/ha (124 bo/ac)	7,34 t/ha (117 bo/ac)	7,78 t/ha (124 bo/ac)
Morpeth	Kent	argile	soya	2	6,77 t/ha (108 bo/ac)	6,15 t/ha (98 bo/ac)	6,90 t/ha (110 bo/ac)
Moyenne				17	7,407 t/ha (118 bo/ac)	7,017 t/ha (112 bo/ac)	7,407 t/ha (118 bo/ac)

Source: T.Vyn, K. Janovick, D. Hooker et D.Young, Université de Guelph.

<sup>1</sup> Toutes les parcelles travaillées ont été soumises à un travail superficiel au printemps avant les semis de maïs. Essais menés après différentes cultures (1979-1996).

### Autres facteurs en faveur du travail du sol

Outre l'accélération de l'assèchement, d'autres facteurs jouent en faveur du travail du sol pour les cultures de maïs :

- meilleure uniformité du lit de semence, qui permet au semoir de donner des résultats plus réguliers et donne une levée plus égale;
- incorporation de l'engrais ou du fumier épandu en surface, ce qui améliore la disponibilité et (ou) l'absorption des éléments nutritifs;
- élimination et (ou) incorporation des résidus de mauvaises herbes ou de cultures susceptibles d'héberger des insectes nuisibles et de faciliter leur multiplication;
- réduction du compactage du sol.

### Méthode traditionnelle

La méthode traditionnelle de travail du sol pour la culture du maïs en Ontario se résume au passage de la charrue à socs à l'automne, suivi d'un travail du sol superficiel au printemps, habituellement à l'aide d'un cultivateur ou d'un pulvérisateur tandem. La plupart du temps, le labour à la charrue à socs va à une profondeur de 15 cm (6 po); si le sol est travaillé plus profondément, le sous-sol risque de se mélanger à la couche arable, ce qui n'est pas souhaitable. Plus un champ est uniforme et mieux il est nivelé après le labour d'automne, plus les coûts du travail superficiel peuvent être bas et plus le semoir peut travailler efficacement. La méthode traditionnelle ne laisse pas de résidus de culture à la surface du sol, qui est donc davantage exposé à l'érosion éolienne et hydrique. Sur les terres présentant de nombreuses pentes, le simple fait de travailler le sol risque de provoquer le déplacement de grandes quantités de terre arable vers le bas.

### Travail réduit du sol à l'automne

Le chisel est l'outil le plus largement utilisé en Ontario pour le travail réduit du sol à l'automne. Le pulvérisateur tandem et le pulvérisateur déporté sont aussi très employés dans certaines régions. Des essais menés en Ontario ces 20 dernières années ont démontré de façon générale que le passage des disques prépare mieux le sol et permet des rendements de maïs plus élevés que le passage du chisel. Le tableau 1-2, *Effets des méthodes de travail du sol employées à l'automne sur le rendement du maïs-grain*, sur cette page, résume les résultats de ces essais.

Le travail avec un chisel pourvu de dents vrillées laisse parfois un sol mal nivelé, ce qui peut entraîner des coûts supplémentaires au moment des passages subséquents, donner des lits de semence inégaux et provoquer à l'occasion un assèchement excessif. L'utilisation de socs à ailes ouvertes ou socs bincurs sur la totalité ou sur une partie de la charrue chisel permet d'éviter certains de ces problèmes; cela vaut également pour l'ajout d'une barre niveleuse ou de herbes à l'arrière du chisel, ou pour un travail superficiel du sol effectué au moment opportun au printemps.

Lorsque le passage des disques laisse une surface bien nivelée à l'automne, il devient possible au printemps de faire les semis par un seul passage du semoir à maïs (sans travail superficiel du sol) et de réaliser du coup des économies au chapitre du travail du sol. Le tableau 1-3, *Méthodes de travail du sol employées à l'automne sans travail superficiel — effets sur le rendement du maïs-grain*, p. 3, présente les résultats des recherches qui ont été menées en Ontario sur cette façon de procéder. Sur les parcelles où l'on a comparé le labour au chisel à l'automne et le travail superficiel du sol, le passage du pulvérisateur tandem seul a généralement permis de produire les plus hauts rendements et d'abaisser les coûts d'exploitation de façon importante. En moyenne, l'écart entre le rendement obtenu avec le passage du pulvérisateur tandem seul et celui obtenu avec la méthode traditionnelle est de moins de 0,31 t/ha (5 bo/ac).

**Tableau 1-3.** Méthodes de travail du sol employées à l'automne sans travail superficiel — effets sur le rendement du maïs-grain

Endroit	Comté	Sol	Culture précédente	N <sup>bre</sup> d'années	Méthode de travail du sol à l'automne <sup>1</sup> : rendement du maïs		
					Charrue à socs	Chisel	Uniquement le pulvérisateur tandem à l'automne
Alvinston	Lambton	argile	soya	3	5,96 t/ha (95 bo/ac)	5,39 t/ha (86 bo/ac)	5,71 t/ha (91 bo/ac)
Fingal	Elgin	loam argileux limoneux	soya	3	9,97 t/ha (159 bo/ac)	9,66 t/ha (154 bo/ac)	9,66 t/ha (154 bo/ac)
Centralia	Huron	loam limoneux	blé (paille mise en balles)	3	9,16 t/ha (146 bo/ac)	8,72 t/ha (139 bo/ac)	8,84 t/ha (141 bo/ac)
Wyoming	Lambton	loam argileux limoneux	blé (paille mise en balles)	3	9,97 t/ha (159 bo/ac)	9,72 t/ha (155 bo/ac)	9,85 t/ha (157 bo/ac)
<b>Moyenne</b>				<b>12</b>	<b>8,78 t/ha (140 bo/ac)</b>	<b>8,41 t/ha (134 bo/ac)</b>	<b>8,53 t/ha (136 bo/ac)</b>

Source: T.Vyn, K. Janovick, D. Hooker et G. Opuku, Université de Guelph.

<sup>1</sup> Les parcelles travaillées à la charrue à socs et au chisel ont été soumises à un travail superficiel au printemps; les parcelles travaillées uniquement au pulvérisateur tandem à l'automne ont été directement ensimées au printemps, sans travail superficiel du sol.

### Travail réduit du sol au printemps

Le meilleur moyen de réduire l'érosion et les coûts des intrants consiste à ne pas travailler le sol à l'automne. Certains producteurs hésiteront peut-être à opter pour cette solution dans le cas de sols à texture fine où une culture de maïs ou de blé, par exemple, a laissé de grandes quantités de résidus. Par contre, après une culture de soya, dans la plupart des champs de l'Ontario, le travail du sol à l'automne présente peu d'avantages. Le tableau 1-4, *Effets des méthodes de travail du sol sur le rendement du maïs-grain cultivé après du soya*, sur cette page, montre que même dans un sol à texture fine, lorsque le maïs suit le soya dans la rotation, il suffit généralement de travailler le sol uniquement au printemps (deux passages de cultivateur). D'autres essais de démonstration effectués sur des sols à texture moyenne ou grossière ont mené à la même conclusion.

Lorsque le maïs suit le soya, le surplus de maïs obtenu grâce au travail du sol à l'automne compense rarement les coûts découlant de cette pratique.

Comme le savent les producteurs, l'expérience du travail réduit du sol montre que lorsqu'on travaille au printemps des sols non dérangés, on obtient de meilleurs résultats avec des dents à haut dégagement, des dents étroites et (ou) des socs d'enterrage, ou en passant un rouleau en même temps que le cultivateur.

### Travail du sol par bandes à l'automne

La méthode de travail du sol d'automne limitée à des bandes étroites destinées à recevoir les rangs de maïs l'année suivante suscite énormément d'intérêt depuis quelques années. On prépare des bandes de sol en les ameublissant, en les débarrassant des résidus et idéalement en les surlevant quelque peu, tout en laissant le reste du champ couvert de résidus de culture qui le protègent. Le printemps suivant, ces bandes sont plus sèches et moins denses, et elles se prêtent mieux au semis direct.

Dans une recherche menée à l'Université de Guelph de 1994 à 1996, on a comparé l'emploi d'un outil de travail en bandes Trans-tilt avec les systèmes traditionnel et sans travail du sol sur des chaumes de blé d'automne. Le tableau 1-5, *Travail du sol par bandes en automne en vue d'une culture de maïs après du blé d'automne (paille mise en balles)*, page suivante, montre que sur les sols à texture fine, le travail du sol par bandes à l'automne donnait généralement de meilleurs rendements que le semis direct. Le travail par bandes à l'automne n'a produit des rendements égaux à ceux du système traditionnel (charrue à socs) qu'à Wyoming. Des recherches subséquentes effectuées en

**Tableau 1-4.** Effets des méthodes de travail du sol sur le rendement du maïs-grain cultivé après du soya

Méthode de travail du sol <sup>1</sup>	Loam argileux limoneux	Argile
	Rendement du maïs-grain à 15,5 % d'eau	
Charrue à socs à l'automne + travail du sol au printemps	9,97 t/ha (159 bo/ac)	6,02 t/ha (96 bo/ac)
Travail du sol au printemps seulement	9,78 t/ha (156 bo/ac)	6,02 t/ha (96 bo/ac)
Aucun travail du sol	9,65 t/ha (154 bo/ac)	5,65 t/ha (90 bo/ac)

Source: T.Vyn, D. Hooker et C. Swanton, Université de Guelph.

<sup>1</sup> Les essais ont été effectués sur des sols à texture fine à Fingal (loam argileux limoneux) et Alvinston (argile) (1994-1996).



**Tableau 1-5.** Travail du sol par bandes en automne en vue d'une culture de maïs après du blé d'automne (paille mise en balles)

Méthode de travail du sol <sup>1,2</sup>	Humidité du sol au début mai	Rendement	
		Sol à texture fine	Sol à texture moyenne
Charrue à socs à l'automne	23,3 %	9,97 t/ha (159 bo/ac)	9,22 t/ha (147 bo/ac)
Travail du sol par bandes à l'automne	25,6 %	9,97 t/ha (159 bo/ac)	8,72 t/ha (139 bo/ac)
Semis direct	29,8 %	9,35 t/ha (149 bo/ac)	8,47 t/ha (135 bo/ac)

Source : T. J. Vyn, 1997, Université de Guelph.

<sup>1</sup> Les essais ont été effectués sur des sols à texture fine (Wyoming) et moyenne (Centralia) (1994-1996).

<sup>2</sup> Les parcelles travaillées à la charrue à socs et au chisel ont été travaillées puis, au printemps, elles ont fait l'objet d'un passage du rouleau. Les parcelles travaillées à l'automne par le passage du pulvérisateur tandem et les parcelles ayant fait l'objet d'un travail du sol par bandes ont été ensimées directement sans travail superficiel au printemps. Tous les semis ont été effectués le même jour.

Ontario ont corroboré les résultats qui apparaissent au tableau 1-5 : sur les sols à texture fine après une culture de blé, le travail du sol par bandes à l'automne donne généralement des rendements de maïs supérieurs à ceux du semis direct et égaux à ceux des méthodes traditionnelles. Selon les recherches, sur des sols à texture moyenne ou après une culture de soya, les systèmes de travail du sol par bandes à l'automne ne produisent pas régulièrement de meilleurs rendements que le semis direct.

Les mesures de taux d'humidité effectuées sur des parcelles de l'université montraient généralement qu'au début mai, là où l'on avait travaillé le sol par bandes à l'automne, celui-ci était régulièrement plus sec que dans les parcelles de semis direct qui n'avaient pas été touchées (tableau 1-5).

Les essais effectués côte à côte n'ont pas permis de démontrer la supériorité systématique du travail du sol par bandes en automne, mais cette méthode peut être plus souvent avantageuse là où il y a de vastes superficies de sols mal drainés ou recouverts d'une épaisse couche de résidus; en effet, elle permet de hâter les semis, de rendre la levée plus uniforme et d'accélérer la croissance du maïs. Là où le travail du sol par bandes en automne donnait de moins bons résultats que les méthodes traditionnelles, le travail superficiel par bandes au printemps a permis d'accroître les rendements. Lors du travail du sol par bandes au printemps, ne pas dépasser une profondeur de 10 cm (4 po) pour réduire le risque d'assèchement excessif, notamment lorsque la saison des semis est sèche.

**Tableau 1-6.** Effets sur le rendement de la méthode d'épandage d'un engrais de phosphore et de potassium dans deux systèmes de travail du sol

Méthode de travail du sol <sup>1</sup>	Teneur du sol en K	
	P et K en automne seulement <sup>2</sup>	P et K au semoir seulement <sup>2</sup>
	t/ha (bo/ac)	
<b>Réponse moyenne</b>		
Travail du sol par bandes à l'automne	8,10 (129)	8,10 (129)
Semis direct	7,53 (120)	8,10 (129)
<b>Réponse forte</b>		
Travail du sol par bandes à l'automne	5,71 (91)	7,28 (116)
Semis direct	4,52 (72)	7,09 (113)

Source : Stewart, Janovicek et Deen, Université de Guelph, 2005.

Moyenne de cinq essais effectués sur des sols à texture moyenne avec des teneurs en K moyennes (un essai avec une teneur en K faible).

<sup>1</sup> Épandage de phosphore en automne (40 lb P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ac sur les parcelles à teneur moyenne et 125 lb P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ac sur la parcelle à teneur faible), et de potassium (100 à 125 lb K<sub>2</sub>O/ac), épandage en surface à la volée en automne dans le système de semis direct, et par bandes à une profondeur de 6 pouces dans le système de travail du sol en automne.

<sup>2</sup> Épandage de phosphore (30 lb P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ac) et de potassium (30 lb K<sub>2</sub>O/ac) au semoir, en bandes, à 5 cm (2 po) des rangées, à 5 cm (2 po) au-dessous du niveau des semis.

Le travail du sol par bandes permet également d'épandre les engrais par bandes alors que dans le système de semis direct, l'application doit se faire à la volée. L'épandage d'engrais à l'aide du système de travail du sol en bandes remplace aussi parfois l'application d'engrais de démarrage au semoir. Le tableau 1-6, *Effets sur le rendement de la méthode d'épandage d'un engrais de phosphore et de potassium dans deux systèmes de travail du sol*, sur cette page, montre que pour les mêmes quantités de phosphore et de potassium, l'épandage en bandes à l'automne dans les systèmes de travail du sol par bandes peut produire de meilleurs rendements que l'épandage à la volée dans les systèmes de semis direct. Cependant, dans les systèmes de travail du sol par bandes, l'épandage de phosphore et (ou) de potassium par bandes en automne donnait généralement des rendements moins élevés que l'épandage au semoir.

### Travail du sol en profondeur

Avec l'accroissement de la charge par essieu des machines agricoles, et comme de façon générale les sols sont de plus en plus compactés, les systèmes de travail en profondeur sont de plus en plus employés. La raison qui est le plus souvent invoquée en faveur de cette méthode est que l'ameublissement des couches de sous-sol compacté et l'élimination des semelles de labour facilitent une croissance rapide et profonde des racines tout en améliorant le drainage. Cependant, en Ontario, les sous-sols qui sont ameublés par le travail en profondeur sont souvent compactés de nouveau par le passage des véhicules. De plus, comme cette opération détruit les pores naturels créés par les vers et les cultures précédentes, les sols ainsi travaillés et sur lesquels passent les véhicules pourraient finalement être moins bien drainés et moins favorables à la croissance des racines.

**Tableau 1-7.** Effets de trois systèmes de travail du sol sur le rendement du maïs-grain

Méthode de travail du sol <sup>1</sup>	Soya	Blé
	t/ha (bo/ac)	t/ha (bo/ac)
Défonceuse à disques en automne (12-14 po)	9,73 (155)	9,73 (155)
Travail du sol en bandes en automne (6-8 po)	9,48 (151)	9,73 (155)
Semis direct	9,54 (152)	9,29 (148)

Source : Base de données Tillage Ontario, 2008 ([www.tillageontario.com](http://www.tillageontario.com)).

<sup>1</sup> Les essais ont été effectués sur des sols à texture moyenne (loam ou loam limoneux) après des cultures de soya (quatre endroits) et de blé d'automne (huit endroits) (2002-2005).

En Ontario, le travail du sol en profondeur à la défonceuse à disques (30 à 35 cm ou 12 à 13 po) est maintenant beaucoup plus employé. Le tableau 1-7, *Effets de trois systèmes de travail du sol sur le rendement du maïs-grain*, sur cette page, résume les résultats d'une étude d'évaluation des gains de rendement obtenus avec cette méthode sur des sols de texture moyenne. Sur ces sols productifs, et en présence de peu de signes de compactage important du sous-sol, les gains de rendement étaient peu importants et l'avantage économique était inexistant par rapport à un système de travail par bandes sur environ la moitié de la profondeur. Après une culture de blé, les systèmes de travail du sol à la défonceuse à disques et par bandes à l'automne ont donné des rendements supérieurs de 5 % à ceux du semis direct; cependant on obtenait un gain tout aussi important en effectuant en automne un travail du sol par bandes à une profondeur d'environ la moitié de celle obtenue avec la défonceuse à disques. Chez certains producteurs, le travail du sol en profondeur a donné de bons résultats dans des endroits mal drainés ou très compacts (p. ex. tournières). En Ontario, souvent, cette opération n'est nécessaire que dans les parties de champs ou dans les champs très mal drainés ou très compacts.

Il semble également que le travail du sol par bandes permette de réduire le compactage du sol et (ou) d'améliorer le drainage au moyen du travail en profondeur. Dans certains cas, on recommande de travailler le sol sur une profondeur allant jusqu'à 30 à 35 cm (12 à 14 po). Des chercheurs de l'Université de Guelph ont mis à l'essai cette méthode de travail du sol par bandes sur des sites voisins de Granton et Ridgetown, de 1998 à 2000. Le tableau 1-8, *Effets de la méthode de travail du sol sur les rendements du maïs cultivé après du blé d'automne*, sur cette page, montre qu'un ameublissement profond n'a apporté aucun gain de rendement, ou un gain qui ne compense pas les coûts de cette opération. L'emploi du travail du sol par bandes en vue d'un labour en profondeur a l'avantage d'éviter le passage de véhicules sur les bandes jusqu'à la prochaine récolte, ce qui laisse au sol le temps de se stabiliser avant le prochain passage.

**Tableau 1-8.** Effets de la méthode de travail du sol sur les rendements du maïs cultivé après du blé d'automne

Méthode de travail du sol	Granton (loam- loam argileux)	Ridgetown (loam argileux)
	t/ha (bo/ac)	t/ha (bo/ac)
Charrue à socs	11,35 (181)	7,78 (124)
Travail du sol en profondeur par bandes à l'automne (30 cm [14 po])	10,79 (172)	8,15 (130)
Semis direct (3 coutres)	10,73 (171)	7,65 (122)
Semis direct (tasse-résidus)	10,85 (173)	7,78 (124)

Source : T. Vyn, B. Deen, K. Janovick, D. Young, Université de Guelph (1998-2000).

### Semis direct

Dans les systèmes de semis direct, il n'y a aucun travail du sol des lits de semence. Immédiatement avant le passage de l'ouvre-sillon, on ameublit le sol de façon superficielle sur une bande étroite avec un coutre et (ou) des appareils d'enlèvement des résidus montés sur le semoir. La production de maïs par semis direct repose en partie sur l'utilisation efficace de nouvelles techniques et méthodes de gestion des champs prenant en compte les facteurs limitants du rendement qui, en d'autres circonstances, devraient être corrigés par le travail du sol.

Pour réussir une culture de maïs en semis direct, tenir compte des éléments suivants :

- drainage du sol;
- rotation des cultures;
- gestion des résidus;
- lutte contre les mauvaises herbes;
- prévention des maladies et des insectes;
- mise en place des engrais;
- compactage du sol;
- rendement du semoir.

### Drainage du sol

Dans les systèmes de semis direct, en l'absence d'un travail qui ameublit le sol et y incorpore les résidus, les champs s'assèchent moins vite au printemps. Cela peut avoir pour effet de retarder les semis et même de réduire le nombre de jours disponibles pour la mise en terre. Dans de nombreux types de sols de l'Ontario, il faut un bon système de drainage si l'on veut avoir des chances raisonnables de mettre en terre une culture de maïs par semis direct dans un bon lit de semence et assez tôt pour que la croissance des racines se fasse rapidement et en profondeur. Il devient souvent évident pour les producteurs que le semis direct est très difficile à réussir dans les sols à texture fine en l'absence d'un réseau complet de drainage souterrain. Dans ce type de sol et si le réseau de drainage est insuffisant, pour maximiser le potentiel de rendement, il faudra effectuer un travail du sol sous une forme ou une autre en automne.

**Tableau 1-9. Effets de différentes quantités de paille de blé sur le rendement du maïs en semis direct**

Méthode de travail du sol / quantité de paille <sup>1,2</sup>	Rendement
Semis direct /	9,16 t/ha
paille et chaume entièrement laissés sur place	(146 bo/ac)
Semis direct /	9,35 t/ha
paille en balles mais chaume laissé sur place	(149 bo/ac)
Semis direct /	9,91 t/ha
paille en balles et chaume coupé et enlevé	(158 bo/ac)
Charrue à socs /	9,97 t/ha
paille en balles mais chaume laissé sur place	(159 bo/ac)

Source : T. Vyn, G. Opuku et C. Swanton, Université de Guelph.

<sup>1</sup> Moyenne de 1994-1996, Wyoming (Ontario).

<sup>2</sup> Le chaume atteignait des hauteurs d'environ 25-30 cm (10-12 po), sauf dans les parcelles où il avait été coupé et enlevé.

### Rotation des cultures

En Ontario, pour la culture du maïs, le semis direct produit généralement des rendements comparables à ceux des méthodes avec travail du sol après des cultures laissant peu de résidus comme le soya, les haricots secs comestibles et les plantes fourragères récoltées sous forme de foin ou d'ensilage préfané. L'accumulation de résidus en surface peut ralentir l'assèchement des sols ayant un drainage naturel relativement lent, ce qui empêche d'ensemencer et de préparer les lits de semence assez tôt pour permettre une croissance racinaire rapide, précoce et profonde. Après une culture fourragère, la structure du sol se trouve améliorée et les vers de terre sont plus actifs, ce qui peut contribuer au succès de la production de maïs par semis direct.

Sur les sols à texture moyenne ou fine, après des cultures qui laissent de grandes quantités de résidus, la production de maïs par semis direct atteint difficilement de bons rendements, indépendamment des autres facteurs. Après des cultures laissant beaucoup de résidus (maïs-grain ou céréales), s'il est impossible d'enlever ceux-ci (paille, balle), il sera probablement nécessaire d'effectuer un certain travail du sol pour pouvoir semer tôt et maximiser le potentiel de rendement.

### Gestion des résidus

Pour réduire les coûts du travail du sol effectué en vue de la culture du maïs, pour accroître le bénéfice net et améliorer la santé à long terme du sol, il faut faire des choix sur le meilleur mode de gestion des résidus de culture, notamment la paille de blé. Pour une culture de maïs par semis direct ou par travail réduit du sol après du blé, on devrait débarrasser le champ de la paille. Le tableau 1-9, *Effets de différentes quantités de paille de blé sur le rendement du maïs en semis direct*, sur cette page, indique les rendements de maïs obtenus au cours d'essais portant sur le travail du sol; trois différentes quantités de paille ont été laissées sur le champ et le maïs a été semé sans travail du sol l'année suivante. Si on enlève la paille des champs de maïs, particulièrement après des cultures de blé à fort rendement et sur des sols lourds, le semis direct a de meilleures chances de donner un rendement égal à celui obtenu sur des sols travaillés à l'automne.

Quand il est impossible d'ôter la paille, l'étalement uniforme de celle-ci et de la balle est de toute première importance pour que les méthodes de semis direct ou de travail réduit du sol donnent de bons résultats avec le maïs. Même lorsque la paille est laissée en andains, étaler la balle aussi uniformément que possible pendant le moissonnage-battage. Lorsque le printemps est frais et pluvieux, les plaques épaisses de résidus de blé en décomposition empêchent le sol de se réchauffer, ralentissent la croissance, attirent les limaces et entraînent ainsi des pertes de rendement, ce qu'un étalement uniforme aide à éviter.

Lorsque les risques d'érosion hydrique et éolienne sont faibles, l'incorporation de toute la paille peut être plus avantageuse que la pratique du travail réduit du sol. Sur les fermes où le potentiel d'érosion est plus élevé, l'adoption d'une méthode de travail réduit du sol, même si elle oblige à retirer une partie de la paille, est probablement plus viable. Une autre solution est d'opter pour une méthode qui soumet les champs de blé à un léger travail du sol et qui incorpore partiellement la paille tout en laissant une bonne protection à la surface.

Des chercheurs de l'Université de Guelph ont étudié les effets des apports d'azote visant à accélérer la dégradation de la paille. Il ressort de ces travaux qu'après un épandage d'azote sur la paille de blé à l'automne, celle-ci ne se décomposait pas plus vite. En outre, au printemps suivant, les teneurs en azote du sol n'étaient pas plus élevées que dans les autres parcelles.

### Lutte contre les mauvaises herbes

La lutte contre les mauvaises herbes est primordiale si l'on veut que le maïs donne un rendement optimal. Dans les cultures en semis direct, on devra parfois intensifier les efforts de lutte contre les mauvaises herbes vivaces et les nouvelles espèces (apparues à la suite d'un changement dans les peuplements de plantes adventices). Les traitements de destruction chimique en présemis au printemps sont essentiels pour permettre à la culture de se développer sans subir la pression des mauvaises herbes pendant les premiers stades de croissance, qui sont critiques.

### Prévention des maladies et des insectes

Certains insectes nuisibles (légiionnaire uniponctué, ver-gris noir) peuvent être plus nombreux dans les systèmes de semis direct parce qu'en l'absence de travail du sol, on a plus souvent des mauvaises herbes hôtes qui permettent à ces ravageurs de s'établir et de se multiplier. La destruction chimique de ces espèces en automne permet de réduire les risques de dommages causés par les insectes ravageurs qui hivernent ou s'établissent grâce à elles. Cette méthode détruit toutes les mauvaises herbes ou cultures vivaces susceptibles d'hiverner et de commencer une repousse le printemps suivant. On trouvera plus de détails sur les mesures de prévention des prédateurs et des maladies du maïs aux chapitres 13 et 14.

### Mise en place des engrais

Selon des études menées en Ontario, dans les champs soumis pendant longtemps au semis direct, il peut se produire une



**Tableau 1-10.** Effets sur le rendement du maïs de la mise en place d'engrais de phosphore et de potassium selon deux systèmes de travail du sol

Les essais ont été effectués sur des sols à texture moyenne.

Méthodes de travail du sol	Teneur en K du sol <sup>1</sup>			
	Aucun P et K en automne		P <sup>2</sup> et K en automne	
	Aucun P et K épandu au semoir	P et K épandus au semoir	Aucun P et K <sup>3</sup> épandu au semoir	P et K <sup>4</sup> épandus au semoir
	t/ha (bo/ac)			
<b>Élevée</b>				
Charrue à socs, automne	9,23 (147)	9,10 (145)	8,72 (139)	9,10 (145)
Semis direct	8,72 (139)	8,91 (142)	8,98 (143)	9,23 (147)
<b>Moyenne</b>				
Charrue à socs, automne	9,04 (144)	9,23 (147)	8,79 (140)	9,10 (145)
Semis direct	8,54 (136)	9,23 (147)	8,60 (137)	9,04 (144)
<b>Faible</b>				
Charrue à socs, automne	5,02 (80)	8,29 (132)	7,97 (127)	9,35 (149)
Semis direct	2,07 (33)	7,09 (113)	6,21 (99)	8,91 (142)

Source : G. Stewart, MAAARO, et K. Janovicek (Université de Guelph).

<sup>1</sup> Moyenne de trois essais sur des sols à forte teneur en K, deux essais sur des sols à teneur moyenne en K et un essai sur un sol à faible teneur en K.

<sup>2</sup> Phosphore épandu en automne (40 lb/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ac sur des sites répondant faiblement ou modérément au traitement, et 125 lb P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ac sur le site à l'étude répondant fortement au traitement).

<sup>3</sup> Dans le système de labour d'automne (charrue à socs), le potassium (100 à 125 lb K<sub>2</sub>O/ac) a été épandu à la volée à la surface en automne (charrue à socs) et incorporé; dans le système de travail du sol par bandes, il a été épandu à la volée, et il n'a pas été incorporé.

<sup>4</sup> Le phosphore (30 lb P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ac) et le potassium (30 lb K<sub>2</sub>O/ac) ont été épandus en bandes à 5 cm (2 po) de la rangée, à 5 cm sous la profondeur des semis.

stratification des éléments nutritifs (concentration près de la surface du sol). La mise en place de ceux-ci est d'autant plus importante que cette méthode ne permet pas d'incorporer ou de mélanger au sol les engrais secs.

Le tableau 1-10, *Effets sur le rendement du maïs de la mise en place d'engrais de phosphore et de potassium selon deux systèmes de travail du sol*, sur cette page, résume les résultats d'une série d'études sur la mise en place de ces éléments dans les systèmes traditionnel et de semis direct. De façon générale, l'épandage de phosphore et de potassium sous forme d'engrais de démarrage en bandes a eu pour effet de réduire les écarts de rendement observés entre le travail à la charrue à socs à l'automne et le semis direct, notamment là où les teneurs en K étaient moyennes ou faibles. Dans la méthode de semis direct, l'épandage de phosphore et de potassium en bandes au semoir a donné de meilleurs résultats que l'épandage de surface à la volée. Cependant, sur les sites répondant fortement à un tel traitement, il peut être nécessaire de combiner l'épandage à la

**Tableau 1-11.** Effets du modèle de semoir et du mode de travail du sol sur le rendement du maïs

Modèle de semoir <sup>1</sup>	Charrue à socs	Semis direct
	t/ha (bo/ac)	
John Deere 7000 (modèle 1986)	8,10 (129)	7,09 (113)
John Deere 1750 (modèle 1998)	7,91 (126)	7,59 (121)

W. Liu et B. Deen, Université de Guelph.

<sup>1</sup> Moyenne des essais effectués sur des sols à texture moyenne à Elora et Woodstock (2000-2001).

volée et au semoir en bandes pour maximiser les rendements obtenus par semis direct.

Ces résultats concordent avec ceux d'autres recherches menées en Ontario et dans le Corn Belt aux États-Unis dans des conditions similaires; ils montrent que l'épandage de potassium en bandes au semoir réduisait les écarts de rendement du maïs. Dans les systèmes de semis direct, les sols sont plus frais et moins bien aérés et la minéralisation de l'azote est souvent plus lente que dans les systèmes traditionnels. On compense souvent par l'épandage de 35 kg/ha (31 lb/ac) d'azote dans l'engrais de démarrage.

Il a été démontré que l'épandage de 35 kg d'azote/ha (31 lb/ac) dans l'engrais de démarrage, effectué au semoir à maïs de semis direct, permettait de compenser la lenteur de la minéralisation de l'azote souvent observée dans les sols soumis à ce mode de culture; ce complément d'azote doit être épandu en bandes.

### Compactage du sol

Le compactage du sol est souvent invoqué comme l'une des raisons pour lesquelles le semis direct ne donne pas toujours un rendement aussi élevé que les méthodes traditionnelles de travail du sol. Pour améliorer les rendements du maïs cultivé avec les méthodes de travail réduit, on pourrait amélorer davantage le sol plus profondément. Cela peut se faire sans déranger à outrance les résidus de culture à la surface et seulement dans les parties qui recevront les rangs de maïs l'année suivante (travail du sol par bandes).

De façon générale, la meilleure méthode de prévention du compactage consiste à réduire le nombre de passages ou à limiter, dans la mesure du possible, l'utilisation de véhicules ayant une forte charge par essieu (p. ex. voitures à grain). À cette fin, il est bon d'éviter le passage de véhicules lorsque le sol est detrempé.

### Rendement du semoir

Quel que soit le système de travail du sol, pour maximiser le potentiel de rendement du maïs, il faut que le semoir ait un rendement optimal. Cependant, dans les systèmes de semis direct, le rendement du semoir et le choix du modèle sont particulièrement critiques parce qu'en l'absence de travail, les propriétés de la couverture de résidus et du sol près de la

**Tableau 1-12.** UTC, comparaison des anciennes et des nouvelles données pour plusieurs localités de l'Ontario

Accumulations d'unités thermiques de croissance au cours d'une saison moyenne dans plusieurs localités de l'Ontario.

Sites	1961-1990	1971-2000
	UTC (à partir de 3 jours à 12,8 °C)	UTC-M1 (à partir du 1 <sup>er</sup> mai)
Ridgetown	3342	3462
London	2899	3120
Walkerton/Hanover	2680	2759
Guelph	2682	2828
Belleville	3139	3369
Ottawa	2885	3099
Thunder Bay	1789	2058
Earlton	1934	2228

surface sont plus variables. Le tableau 1-11, *Effets du modèle de semoir et du mode de travail du sol sur le rendement du maïs*, page précédente, suggère que l'utilisation de nouveaux modèles de semoirs permet de réduire les écarts de rendement entre le système avec travail du sol et le semis direct. Dans le système de semis direct, là où on avait utilisé le nouveau modèle de semoir, la levée avait une moins grande variabilité, ce qui explique probablement pourquoi les rendements étaient plus élevés dans ce cas. Pour en savoir plus sur cet aspect, voir le tableau 1-20, *Effet de l'espacement des plants et de la variabilité de la levée sur le rendement du maïs*, p. 16. Pour réduire la variabilité du peuplement et de la levée et accroître les rendements des cultures de semis direct, bien entretenir le matériel de semis ou le remplacer par des modèles mieux adaptés à cette méthode.

## Choix des hybrides

### Évaluation de la maturité

La croissance du maïs est étroitement liée à la température, et ce, surtout entre les semis et l'apparition des soies. Contrairement à celle du soya, la vitesse de croissance du maïs dépend peu de la longueur du jour. Le système ontarien des unités thermiques de croissance (UTC) sert à quantifier l'effet de la température sur la croissance du maïs dans la province. On effectue ce calcul à partir des températures maximales et minimales quotidiennes, ce qui permet d'attribuer une cote numérique aux saisons de croissance, aux régions géographiques et aux hybrides de maïs. Grâce à ce système, les producteurs peuvent choisir les hybrides qui ont les meilleures chances d'atteindre la maturité avant la première gelée meurtrière.

### Système modifié d'unités thermiques de croissance de l'Ontario

Le calcul du nombre d'unités thermiques de croissance se fonde sur une date de début, une formule de calcul des UTC à partir des températures journalières et une date de fin. Dans le passé, la date de début était déterminée par les 3 premiers jours consécutifs atteignant une température moyenne de 12,8 °C. À compter de 2009, l'Ontario fixe la date de début du calcul des

**Tableau 1-13.** Équivalences approximatives entre trois systèmes de mesure de l'apport de chaleur pendant une saison de croissance

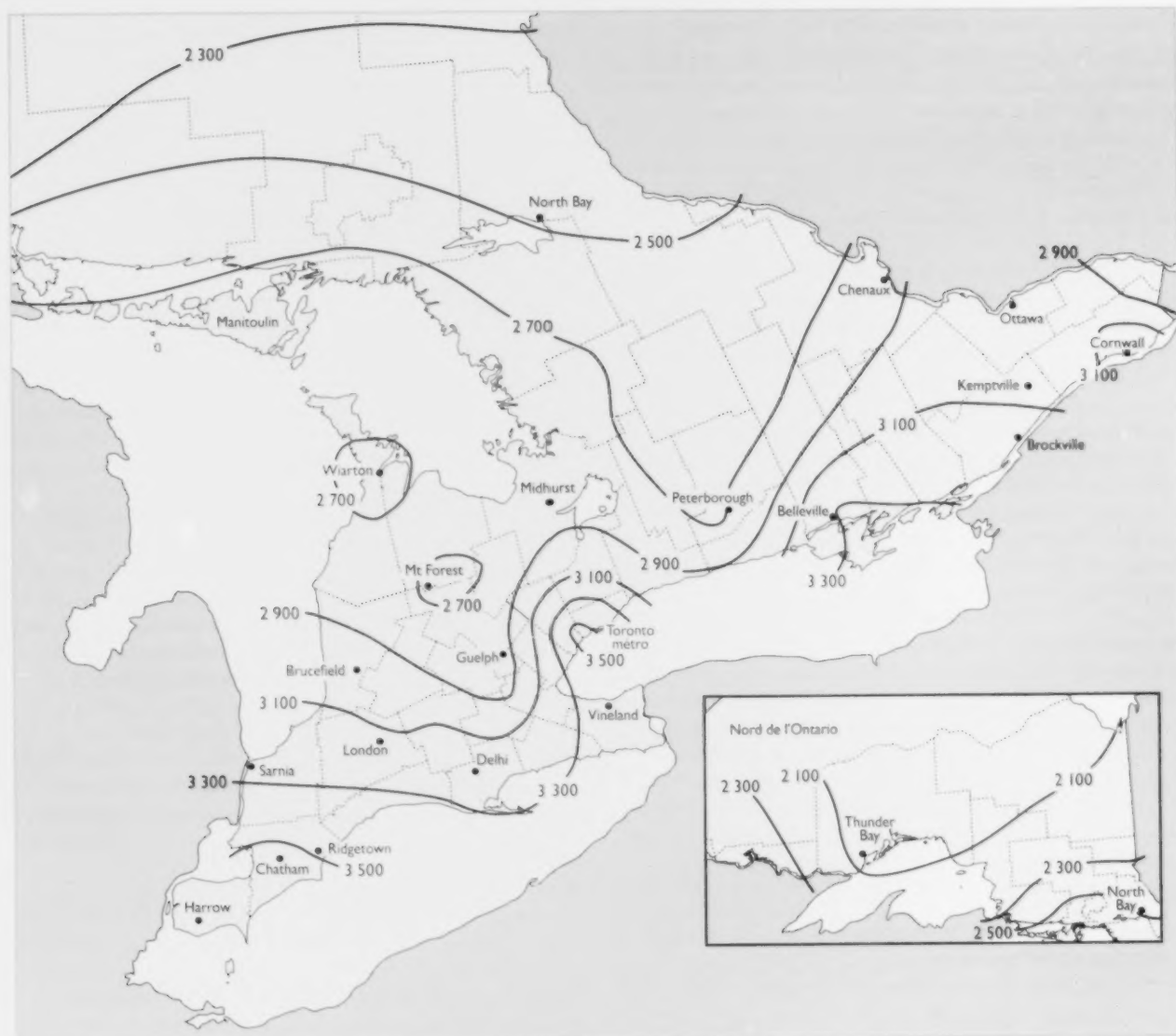
Endroit	Unités thermiques de croissance de l'Ontario (UTC-M1)	Maturité relative du maïs (MRM)	Degrés-jours (base 10) (DJ)
Walkerton	2 759	84	2 000
Guelph	2 828	84	2 012
Ottawa	3 099	91	2 174
London	3 120	92	2 203
Simcoe	3 190	94	2 268
Belleville	3 369	98	2 353
Ridgetown	3 462	104	2 511
Harrow	3 702	111	2 673

UTC au 1<sup>er</sup> mai, quels que soient l'emplacement et les températures mesurées jusque-là. Pour éviter toute confusion, on désignera ce nouveau mode de calcul sous le nom d'UTC-M1. Par ailleurs, le mode de calcul restera inchangé tout comme la date de fin (moyenne journalière sur 30 ans inférieure à 12 °C ou première occurrence d'une température de -2 °C). L'autre changement est le suivant : la période de 30 ans servant au calcul des températures moyennes normales est celle qui va de 1971 à 2000, alors qu'auparavant elle allait de 1961 à 1990. Les changements numériques entre l'ancien système de calcul et le nouveau sont résumés au tableau 1-12, *UTC, comparaison des anciennes et des nouvelles données pour plusieurs localités de l'Ontario*, sur cette page et à la figure 1-1, *Unités thermiques de croissance (UTC-M1) pour le maïs*, page en regard.

La production de chaque feuille de maïs consomme environ 75 à 80 unités thermiques de croissance. S'il fait 30 °C pendant le jour et 20 °C pendant la nuit, il apparaît donc une nouvelle feuille tous les 2 ou 3 jours. De même, s'il fait 20 °C le jour et 10 °C la nuit, il apparaît une nouvelle feuille tous les 5 ou 6 jours.

Ailleurs qu'en Ontario, il existe d'autres systèmes de quantification de l'effet de la température sur la croissance du maïs et d'évaluation de la maturité des hybrides. Cependant, il est malheureusement impossible d'effectuer des conversions mathématiques d'un système à l'autre. Les données qui figurent au tableau 1-13, *Équivalences approximatives entre trois systèmes de mesure de l'apport de chaleur pendant une saison de croissance*, sur cette page, permettent de faire des comparaisons raisonnables entre les différents systèmes.

Les producteurs qui consignent les maximums et les minimums journaliers peuvent se servir du tableau 10-4, *Accumulations quotidiennes d'unités thermiques de croissance en fonction des températures maximale et minimale*, p. 181, pour calculer les UTC sur leur propre ferme.



**Figure 1-1. Unités thermiques de croissance (UTC-M1) pour le maïs**

Cette carte a été établie à partir des données météorologiques recueillies de 1971 à 2000, la date de début des calculs étant le 1<sup>er</sup> mai dans toute la province. Source : Weather Innovations Inc. (WIN).

### Choix des hybrides les plus rentables

Le choix de l'hybride est sans doute la décision de gestion qui a le plus d'influence sur la rentabilité de la culture. Depuis 40 ans, on ne cesse de voir apparaître sur le marché des hybrides de maïs à potentiel élevé, qui ont amené des gains de rendement d'environ 1,5 % par an. Pour demeurer concurrentiels, les producteurs doivent régulièrement adopter de nouveaux hybrides. Quelques règles générales à retenir sont présentées ci-dessous. Le choix final des hybrides pour une ferme donnée doit être fait en consultation avec les représentants des fournisseurs de semences.

### Maturité et unités thermiques de croissance

À partir des cotes d'unités thermiques de croissance, choisir les hybrides qui parviendront à maturité (stade point noir) avant la date normale de la première gelée de fin de saison dans la région concernée. Pour connaître le total normal d'UTC dans une région donnée, voir la figure 1-1, *Unités thermiques de croissance (UTC-M1) pour le maïs*, sur cette page, ou consulter les dossiers de l'exploitation.

## Rendement le plus élevé

Dans tout essai de rendement des hybrides, il peut y avoir un écart de rendement de 1,9 à 2,5 t/ha (30 à 40 bo/ac) entre les plus et les moins performants. On voit donc qu'il faut disposer d'une information fiable sur le potentiel de rendement et l'adaptabilité des hybrides. Les producteurs doivent avoir accès à deux grandes sources d'information, soit les résultats des essais de rendement et ceux des bandes d'essais.

Chaque année, le Comité ontarien du maïs effectue dans toute la province des essais de rendement sur la majorité des hybrides offerts sur le marché. En général, ceux qui constituent une série donnée correspondant à une certaine fourchette d'unités thermiques de croissance sont mis à l'essai à trois ou quatre endroits. Ces essais sont un bon reflet du potentiel de rendement, mais comme ils sont limités à quelques localités, ils donnent peu d'indices sur la capacité d'adaptation des hybrides à des conditions très variables. À cet effet, il faut s'en remettre aux résultats des bandes d'essai qui sont situées en un plus grand nombre d'endroits présentant une large gamme de conditions. Les fournisseurs de semence offrent habituellement un sommaire des résultats ainsi obtenus.

Bien des producteurs préfèrent constituer des bandes d'essai sur leur propre exploitation; ils peuvent ainsi tester les hybrides à fort potentiel de rendement à la ferme en les comparant à ceux qui ont fait leurs preuves. Néanmoins, garder à l'esprit que le choix d'un hybride doit se fonder sur des essais effectués à plusieurs endroits, même si c'est à la ferme même. Avant de choisir des hybrides pour les cultiver sur une grande superficie, consulter les résultats obtenus sur de nombreux sites (idéalement plus de 30) pendant 2 saisons.

Ne jamais acheter un hybride de maïs sans consulter les données sur le rendement.

Chaque année au mois de décembre, le Comité ontarien du maïs publie un rapport sur le rendement des hybrides intitulé *Hybrid Performance Trial Report*, qui est également affiché sur le site Web de la Ontario Corn Producers' Association à l'adresse [www.ontariocorn.org](http://www.ontariocorn.org).

## « Chevaux de trait » et « chevaux de course »

On classe souvent les hybrides de maïs comme des « chevaux de trait » ou des « chevaux de course ». Les « chevaux de course » sont ceux qui produisent des rendements supérieurs à la moyenne dans de bonnes conditions, mais inférieurs à la moyenne quand celles-ci se dégradent; les « chevaux de trait » sont ceux qui offrent des rendements relativement constants indépendamment des conditions de croissance. La plupart des hybrides qui affichent des performances variables (les « chevaux de course ») ont certains défauts qui les amènent à donner des rendements inférieurs à la moyenne lorsqu'ils sont exposés à certaines conditions. Pour éviter certains des risques associés au choix des hybrides, se renseigner le mieux possible sur leurs rendements antérieurs. Choisir ceux qui se complètent et qui

n'ont pas les mêmes points faibles. Par exemple, au moment de sélectionner deux hybrides de pleine saison offrant un haut potentiel de rendement pour des semis hâtifs, ne pas en choisir deux mal cotés pour ce qui est de la vigueur de la tige.

## Résistance à la verse

Rechercher des hybrides qui parviennent à maturité au bon moment et qui offrent un excellent potentiel de rendement. On recommande une autre étape de sélection pour la résistance à la verse. Ce trait est particulièrement important là où l'on risque un assèchement important. Si la ferme possède des installations de séchage et qu'il est possible de récolter le maïs alors que sa teneur en eau est relativement élevée (> 26 %), la résistance à la verse revêt une moins grande importance. Les traits liés à une meilleure résistance à la verse sont la résistance à la pourriture de la tige et aux brûlures des feuilles, la vigueur génétique de la tige (écorce épaisse), la faible hauteur du plant, la position basse des épis sur le plant et le fort pourcentage de plants sains en fin de saison.

En ce qui concerne la résistance à la verse, l'un des progrès les plus remarquables a été l'introduction des hybrides Bt qui sont résistants à la pyrale du maïs. Dans l'ensemble de la province, les hybrides Bt procurent, par rapport aux autres hybrides, des gains de rendement moyens qui compensent le prix plus élevé de leurs semences. Dans les régions où la pression exercée par la pyrale du maïs est généralement élevée, et là où le maïs est semé plus tôt ou plus tard que la majorité de cette culture dans les environs, il est souvent très avantageux de choisir des hybrides dotés du gène Bt.

Pour plus d'information sur la lutte contre la pyrale du maïs à l'aide d'hybrides Bt, voir *Pyrale du maïs*, p. 202.

## Teneurs en eau à la récolte et coûts de séchage

Le choix des hybrides peut également dépendre des teneurs en eau souhaitées à la récolte. Lorsqu'on entrepose le maïs comme céréale à haute teneur en eau (p. ex. 28 %), on a de meilleures chances de maximiser les bénéfices en optant pour des hybrides de pleine saison très performants. Lorsque le maïs à entreposer est séché, les producteurs doivent évaluer l'effet des fortes teneurs en eau à la récolte sur le bénéfice net. Par exemple, pour un hybride ayant un rendement de 0,31 t/ha (5 bo/ac) de plus qu'un autre, comparer le gain net ainsi produit aux coûts supplémentaires de séchage. Les essais de rendement effectués par le Comité ontarien du maïs montrent que lorsqu'ils sont semés tôt, les hybrides sélectionnés selon les critères les plus exigeants (de pleine saison et extrêmement tardif) donnent souvent de meilleurs rendements que les hybrides de saison plus courte, ce qui compense largement les coûts supplémentaires liés au séchage.

## Choix des hybrides destinés à l'ensilage

En ce qui concerne la production destinée spécifiquement à l'ensilage plante entière, on obtient généralement de meilleurs rendements avec des hybrides cotés de 100 à 200 UTC de plus



**Tableau 1-14.** Dates recommandées pour cesser de semer des hybrides de pleine saison dans différentes zones d'unités thermiques de croissance

Zone d'unités thermiques de croissance (UTC-M1)	Date de transition
> 3 200+	30 mai-début juin
2 800-3 200	20-25 mai
< 2 800	15-20 mai

Source : Adapté de R. Irigavarapu. *Basing Hybrid Maturity on Long-Term Data*. Pioneer Hi-Bred Ltd.

que ceux qui sont destinés à la production de grain. Sélectionner des hybrides à haut rendement pour l'ensilage et ayant une énergie digestible élevée. Il existe sur le marché des hybrides destinés uniquement à l'ensilage, et d'autres à double usage. Ces derniers peuvent offrir une certaine souplesse lorsqu'on doit se réserver la possibilité de récolter le grain, par exemple lorsque le silo est plein.

En l'absence de données indépendantes, il est très difficile de comparer les hybrides de maïs à ensilage offerts par les différents fournisseurs et de faire un choix. Rechercher des hybrides ayant les meilleures cotes de rendement et de qualité pour l'ensilage. Il existe plusieurs modèles de comparaison de la valeur économique des hybrides de maïs à ensilage. Le modèle Milk 2006 de la University of Wisconsin inclut des calculs de « lait par acre » et de « lait par tonne » qui combinent les caractéristiques de rendement à l'ensilage, de digestibilité, de teneurs en fibres, en amidon et en protéines brutes, et de potentiel de prise alimentaire. La quantité de « lait par tonne » est un indice de qualité, tandis que la quantité de « lait par acre » reflète à la fois le rendement et la qualité.

### Passage à des hybrides à cycle plus court

Selon l'état du champ, il peut être nécessaire de retarder les semis et de choisir des hybrides qui arrivent plus rapidement à maturité. Dans ce cas, tenir compte du potentiel de rendement des hybrides à cycle plus court, de leur poids spécifique, des coûts de séchage et des capacités de récolte en fin de saison.

Le maïs-grain atteint 90 % de son poids total lorsque la ligne de maturité arrive à la moitié de la hauteur du grain, un stade que même les hybrides de pleine saison semés tard atteignent la plupart des années. Le passage à des hybrides à cycle plus court peut être une solution de rechange valable du point de vue du rendement en grain, dans la mesure où ils offrent au moins 90 % du rendement des hybrides de pleine saison. De façon générale, c'est la meilleure option dans les régions où la saison est plus longue.

Là où les hybrides de 3 000 UTC-M1 constituent l'option de pleine saison, on peut passer à d'autres qui exigent de 100 à 150 UTC de moins sans trop sacrifier les rendements. Par contre, si l'on cultive des hybrides de pleine saison exigeant 2 800 UTC-M1 environ, il est probable que le passage à un autre ayant besoin de 100 UTC de moins se soldera par une baisse de rendement de plus de 10 %.

**Tableau 1-15.** Poids spécifique du maïs-grain et probabilités d'impuretés

Grade <sup>1</sup>	Poids spécifique minimal (kg/ha)	Poids spécifique minimal (lb/bo)	Probabilité d'impuretés (\$/t)
1	68,0	55,6	0,00
2	66,0	54,1	0,00
3	64,0	52,6	0,79
4	62,0	51,0	3,94
5	58,0	47,7	7,88

<sup>1</sup> D'après les données du marché de 2001. Les probabilités d'impuretés peuvent varier considérablement selon l'année et l'endroit.

Des recherches à grande échelle effectuées dans tout le nord du Corn Belt ont permis de déterminer les dates optimales de passage aux hybrides autres que de pleine saison. Le tableau 1-14, *Dates recommandées pour cesser de semer des hybrides de pleine saison dans différentes zones d'unités thermiques de croissance*, sur cette page, résume quelques-unes des conclusions de cette étude. Les nombreuses données à long terme colligées lors de ces travaux reflètent les rendements des hybrides ayant différentes cotes de maturité ainsi que les déductions à faire pour tenir compte du poids spécifique et des coûts de séchage. La date de transition est celle à partir de laquelle les semis d'hybrides à cycle plus court produisent un meilleur bénéfice net que les hybrides de pleine saison (le bénéfice net est le produit brut moins les déductions à faire pour les coûts de séchage et le poids spécifique).

La culture d'hybrides ayant des dates de maturité différentes offre une certaine protection contre les stress au moment de l'apparition des soies et les risques de fin de saison. Toutefois, on peut passer systématiquement à des hybrides à cycle plus court à partir du 30 mai ou du 1<sup>er</sup> juin dans le sud-ouest de l'Ontario (> 3 200 UTC-M1), à partir du 20 ou du 25 mai dans les régions où l'on cultive des hybrides de mi-saison (2 800-3 200 UTC-M1) et à partir du 15 ou du 20 mai dans les zones de culture de maïs à cycle encore plus court (< 2 800 UTC-M1).

La règle générale à observer est d'opter pour un hybride exigeant 100 UTC de moins pour chaque semaine de retard des semis à partir de la date limite prévue pour les hybrides de pleine saison.

### Poids spécifique

Les poids spécifiques peuvent être plus faibles si les gelées de fin de saison surviennent avant la maturité du maïs semé tard (point noir). Au moment de choisir les hybrides destinés à être semés à la fin du printemps, tenir compte du potentiel de poids spécifique. Le tableau 1-15, *Poids spécifique du maïs-grain et probabilités d'impuretés*, sur cette page, présente les probabilités d'impuretés dans un maïs de poids spécifique plus faible livré à un silo-élevateur ou à un utilisateur final.

Tableau 1-16. Densité de peuplement selon l'espacement des semences

Nbre final de plants/ha	Nbre final de plants/ac	Écartement des rangs en centimètres (en pouces)													
		38	(15)	51	(20)	56	(22)	71	(28)	76	(30)	91	(36)	97	(38)
		Espacement des plants dans le même rang en centimètres (en pouces)													
54 300	22 000	48	(19,0)	36	(14,3)	33	(13,0)	26	(10,2)	24	(9,5)	20	(7,9)	19	(7,5)
59 300	24 000	44	(17,4)	33	(13,1)	30	(11,9)	24	(9,3)	22	(8,7)	18	(7,2)	18	(6,9)
64 200	26 000	41	(16,1)	31	(12,1)	28	(11,0)	22	(8,6)	20	(8,1)	17	(6,7)	16	(6,4)
69 200	28 000	38	(14,9)	29	(11,2)	26	(10,2)	20	(8,0)	19	(7,5)	16	(6,2)	15	(5,9)
74 100	30 000	35	(13,9)	27	(10,5)	24	(9,5)	19	(7,5)	18	(7,0)	15	(5,8)	14	(5,5)
79 000	32 000	33	(13,1)	25	(9,8)	23	(8,9)	18	(7,0)	17	(6,6)	14	(5,4)	13	(5,2)
84 000	34 000	31	(12,3)	23	(9,2)	21	(8,4)	17	(6,6)	16	(6,1)	13	(5,1)	12	(4,9)

1 ha = 2,47 ac; 1 cm = 0,39 po

Dans les exploitations où toute la production de maïs est utilisée à la ferme et donnée aux animaux, le poids spécifique peut n'avoir aucun effet, et il est parfois possible de s'en tenir aux hybrides de pleine saison pendant une plus grande partie de la saison de croissance. L'expérience acquise en 1992 et en 2000 ainsi que les recherches menées ces mêmes années indiquent qu'il y a peu de corrélation ou même aucune entre le poids spécifique et la valeur nutritive du maïs consommé par le bétail. Les producteurs qui livrent tout leur maïs à des silos-éleveurs ou à des transformateurs peuvent pour leur part être tentés d'opter pour des hybrides à cycle plus court pour accroître les chances d'obtenir des poids spécifiques convenables à la récolte. Dans les zones à cycle plus court, si l'on craint que le passage à des hybrides à cycle plus court ne s'accompagne de pertes de rendement importantes, on peut envisager de s'en tenir aux hybrides de pleine saison, mais en choisissant ceux qui offrent des poids spécifiques plus élevés.

## Récolte

La culture continue d'hybrides à haut rendement et à cycle plus long peut soulever certains problèmes de logistique à la récolte. Les champsensemencés d'hybrides qui risquent d'arriver à maturité tardivement doivent être bien drainés et en mesure de supporter les charges imposées par le passage de la machinerie, ce qui facilitera la récolte si les conditions ne sont pas idéales en fin de saison. Éviter de semer des hybrides à cycle plus long dans les régions de la province qui risquent le plus de recevoir de la neige en novembre. La neige qui couvre les plants de maïs adhère aux feuilles et aux spathes et rend la récolte impossible tant qu'elle n'a pas fondu.

## Semis

### Date de semis

On obtient habituellement les meilleurs rendements lorsqu'on sème le maïs fin avril ou dans la première quinzaine de mai, parce qu'on tire alors parti de toute la saison de croissance. Plus les semis sont précoces, plus la culture parvient à maturité tôt à l'automne, ce qui réduit le risque de dommages causés par une gelée automnale précoce ou par le mauvais temps au moment de la récolte. L'idéal est de faire les semis le 7 mai ou avant dans

le sud-ouest de l'Ontario, et le 10 mai ou avant dans le centre et l'est. À partir de la date optimale, tout retard des semis peut entraîner une perte de rendement moyenne d'environ 1 % par jour en mai. Après cela, les pertes de rendement sont encore plus importantes; pendant les 3 premières semaines de juin, elles sont d'environ 2 % par jour de retard dans les régions de l'Ontario ayant une saison longue (> 3 050 UTC-M1) et de 3 % dans les régions à saison plus courte.

Selon le nombre de jours nécessaires pour ensemençer toute la superficie consacrée à la culture du maïs, il faut généralement commencer les semis bien avant la date optimale. Les producteurs qui veulent devancer largement la date de semis optimale (entre les 15 et 25 avril) doivent garder à l'esprit que la température du sol doit être d'au moins 10 °C pour permettre la germination et la levée. Pour évaluer la température quotidienne moyenne, faire une lecture vers 11 h 30 le matin à l'aide d'un thermomètre de sol de 10 cm (4 po). Si le sol est à une température moyenne de 10 °C ou plus, qu'il est en bon état et que la météo prévoit des températures égales ou supérieures à la moyenne, on recommande des semis hâtifs sur au moins une partie de la superficie. Après le 26 avril (le 1<sup>er</sup> mai dans les zones recevant moins de 3 000 UTC-M1), de façon générale, accorder moins d'importance à la température du sol et semer quand l'humidité de celui-ci le permet. Globalement, du point de vue du rendement, une avance de deux à trois semaines par rapport à la date optimale des semis représente moins de risques qu'un retard de deux à trois semaines.

### Densité de peuplement

Les densités dont il est question ici sont les valeurs finales recommandées (voir tableau 1-16, *Densité de peuplement selon l'espacement des semences*, sur cette page). Puisque certaines semences ne lèvent pas, il faut prévoir des doses de semis un peu plus élevées. Lorsque les semis sont faits tôt dans la saison ou que le sol est encore froid, calculer 10 % de plus que la densité de peuplement finale visée. Dès que le sol s'est réchauffé, il suffit de 5 % de plus.

En Ontario, les cultures de maïs ont généralement de 64 000 à 74 000 plants/ha (26 000 à 30 000 plants/ac). Cette densité peut mener à de bons rendements dans un grand éventail de conditions de croissance sans que la verse pose trop de difficultés. Depuis quelques années, on a créé des hybrides qui tolèrent mieux les fortes densités de peuplement sans subir de verse ni souffrir d'infertilité aiguë. Des recherches ont montré que lorsque des hybrides anciens et nouveaux sont cultivés côte à côte à des densités de peuplement très faibles, ils ont des rendements presque identiques. Cependant les nouveaux hybrides donnent de meilleurs rendements s'ils sont cultivés à des densités plus importantes. Ces améliorations découlent pour la plupart de la mise au point d'hybrides qui excellent à des densités de peuplement élevées. Certains des plus récents donnent un maximum de rendement économique à des densités allant de 74 000 à 86 000 plants/ha (30 000 à 35 000 plants/ac). Consulter les données des fournisseurs de semences pour calculer la meilleure densité de peuplement pour l'hybride utilisé.

Dans les champs sujets à la sécheresse où le facteur limitant du rendement est presque toujours la disponibilité de l'eau et non l'interception de la lumière, le gain de rendement obtenu avec des densités de semis plus élevées ne permet pas toujours de couvrir les coûts qui en découlent. Dans de tels cas, la réduction des densités permet même parfois certaines économies. Selon des études effectuées aux États-Unis, dans le Corn Belt du Midwest, la densité de peuplement finale optimale est de 67 000 plants/ha (27 160 plants/ac). D'après ces mêmes recherches, pour une augmentation de 0,94 t/ha (15 bo/ac) du potentiel de rendement d'un champ (ou d'une partie d'un champ), la densité de peuplement économiquement optimale augmente de 1 112 plants/ha (450 plants/ac).

En Ontario, on vise souvent des densités de peuplement finales moyennes plus élevées que dans le Midwest américain. Les champs les plus productifs devraient supporter des densités voisines des valeurs maximales pour l'hybride choisi. Dans les régions de la province où la saison de croissance est plus courte et où l'on cultive des hybrides de plus petite taille, on peut avoir encore plus de raisons de maintenir des densités de peuplement élevées afin de maximiser l'interception de la lumière et d'optimiser les rendements. En général, c'est dans les régions les plus chaudes de l'Ontario (plus de 3 200 UTC-M1) que l'augmentation des densités a produit les gains de rendement les plus faibles.

Dans les champs de maïs destiné à l'ensilage plante entière, comme la verse pose moins de problèmes, on recommande souvent des densités de peuplement plus élevées (de 10 %) que pour le maïs-grain. Des recherches menées à la Cornell University indiquent que pour les producteurs d'ensilage qui adoptent des densités extrêmement élevées, soit de 111 200 à 123 500 plants/ha (45 000 à 50 000 plants/ac), les peuplements de plus de 86 500 plants/ha (35 000 plants/ac) ne sont avantageux pour aucun des hybrides testés. Ces travaux montrent que plus les densités augmentent, plus la digestibilité de l'ensilage décroît. Cependant les hybrides à ensilage présentent une diversité génétique croissante, ce qui permet de penser que les densités de peuplement optimales peuvent varier de l'un à l'autre.

## Profondeur de semis

En ce qui a trait à la profondeur des semis de maïs, la première règle à observer est de déposer la semence dans une couche humide. Il y a également d'autres points à prendre en considération au moment de déterminer la profondeur des semis. S'ils sont trop superficiels, (à moins de 3 cm [1 ½ po] de profondeur), même dans un sol humide, il peut y avoir un mauvais positionnement du point végétatif et des premières racines coronales. Dans certains cas, cela peut provoquer le syndrome de l'absence de racines et exposer davantage la semence aux dommages dus aux herbicides. Dans les sols à texture grossière qui s'assèchent rapidement en surface, les racines ont par ailleurs plus de mal à s'établir si les semences ont été enfouies peu profondément.

En ce qui a trait à la profondeur de semis, la règle générale est qu'il faut semer à une profondeur de 3,75 cm (1,5 po) tout en s'assurant que cette couche de terre est humide.

Par contre, si les semences sont placées plus profondément, à 5 à 8 cm (2 à 3 po), surtout au début de la saison des semailles lorsque les sols sont froids, la levée peut accuser un important retard par rapport aux semis effectués à des profondeurs de 3 à 5 cm (1 ½ à 2 po). Lorsque le sol est relativement froid (p. ex. début de saison, saison fraîche, champs soumis au semis direct) et assez humide, viser une profondeur d'environ 3,75 cm (1 ½ po). Au fur et à mesure que la saison des semis avance et que les sols se réchauffent et s'assèchent, veiller à ce que la semence de maïs soit mise en contact étroit avec du sol humide. Lorsque les semis sont prolongés et dans les sols secs, il est souvent moins risqué d'enfouir la semence à des profondeurs de 7,5 cm (3 po) pour la mettre en contact avec la terre humide que de semer trop près de la surface en espérant qu'il pleuvra.








## Croissance du maïs

Le tableau 1-17, *Stades végétatifs du maïs*, page suivante, et le tableau 1-18, *Stades reproductifs du maïs*, p. 15, décrivent les étapes de la croissance végétative et du cycle de reproduction.

### Dates de fin de saison des UTC

La date de la fin de la saison de croissance est celle de la première gelée meurtrière (-2 °C), ou la date à laquelle la température journalière moyenne historique (normales calculées sur 30 ans) atteint moins de 12 °C. Pendant la période de 30 ans ayant servi au calcul des UTC, la saison se terminait environ 10 % du temps par l'occurrence d'une température de -2 °C. Ce mode de calcul est le même pour les UTC (système traditionnel) et les UTC-M1 (début le 1<sup>er</sup> mai) (voir *Système modifié d'unités thermiques de croissance de l'Ontario*, p. 8).

Tableau 1-17. Stades végétatifs du maïs

							
<b>Stade</b>	VE	V1	V4	V6	V8	V12	VT
<b>Collerettes<sup>1</sup></b>	0	1	4	6	8	12	(variable)
<b>Pointe des feuilles</b>	1	3	7	10	11	15	—
<b>Feuille recourbée</b>	0	2	6	8	10	14	—
<b>UTC nécessaires<sup>2</sup></b>	180	330	630	780	930	1 170	1 310
<b>Date cible<sup>3</sup></b>	14 mai	26 mai	12 juin	20 juin	28 juin	2 juillet	21 juillet
<b>Remarques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levée.</li> <li>• Compter normalement 6–21 jours pour la levée.</li> <li>• Un rendement élevé nécessite une levée uniforme.</li> <li>• Une mauvaise germination peut être due à la présence de méloïdes, de vers fil-de-fer, de larves de la mouche des légumineuses, de carabes du maïs, de limaces ou de vers-gris noir.</li> </ul>						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Début de la période critique de lutte contre les mauvaises herbes.</li> <li>• Point végétatif sous terre.</li> <li>• Veiller à ce que l'herbicide choisi soit compatible avec le stade de la culture.</li> </ul>						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Début de l'épiaison.</li> <li>• Point végétatif sous terre.</li> <li>• Expansion des racines coronales qui remplaceront bientôt complètement les racines séminales.</li> <li>• Les risques de dommages occasionnés par le ver fil-de-fer et les altises sont maintenant écartés.</li> </ul>						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fin de la période critique de lutte contre les mauvaises herbes.</li> <li>• Les feuilles inférieures (1–4) s'assèchent et peuvent ne pas être visibles.</li> <li>• Le point végétatif se situe au niveau du sol ou au-dessus; les plants risquent de souffrir davantage du gel.</li> <li>• Les épis et les panicules dont la croissance est amorcée sont visibles à la dissection du plant.</li> </ul>						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Après ce stade, l'épandage d'azote en bandes et le sarclage des entre-rangs risquent d'endommager les racines.</li> <li>• Début de l'élongation rapide de la tige.</li> <li>• Les risques de dommages par les limaces sont écartés.</li> </ul>						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La culture devient de plus en plus exposée à des pertes de rendement dues à la chaleur ou à la sécheresse.</li> <li>• Ce moment est déterminant pour la grosseur de l'épi et le potentiel de nombre de grains.</li> </ul>						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sortie de la panicule (floraison mâle).</li> <li>• La dissémination du pollen commence 2–3 jours avant l'apparition des soies (floraison femelle).</li> <li>• La sécheresse et la chaleur ont pour effet de réduire la viabilité du pollen.</li> <li>• Faire le dépistage du puceron du maïs, du stade adulte de la chrysomèle des racines du maïs et de la larve de cette espèce (qui provoque la courbure des tiges en col de cygne).</li> </ul>						

<sup>1</sup> Voir *Stades de croissance foliaire*, p. 15, où l'on présente les méthodes de dénombrement des feuilles de maïs.<sup>2</sup> Nombre approximatif d'UTC nécessaires pour atteindre les divers stades de croissance du maïs.<sup>3</sup> Date estimative du début des différents stades phénologiques pour des accumulations à long terme d'UTC dans une région recevant en moyenne 2 800 UTC-M1, semis prévus pour le 1<sup>er</sup> mai.



**Tableau 1-18. Stades reproductifs du maïs**

Description	Les soies sortent des spathe à la pointe de l'épi.	Les grains sont blancs, remplis d'un liquide transparent et nettement différenciés du reste de l'épi.	Les grains commencent à jaunir et le liquide qu'ils contiennent est blanc laiteux.	Le liquide laiteux à l'intérieur des grains épaissit et devient pâteux. Les contours des grains s'affaiblissent. Certaines dents apparaissent.	La majorité des grains sont dentés. Une couche dure d'amidon est très visible dans le haut du grain (ligne de maturité).	Une couche dure d'amidon est très visible dans tout le grain. Un point noir se forme à la base du grain.
Stade R	R1 – Apparition des soies	R2 – Gonflement	R3 – Stade laiteux	R4 – Stade pâteux	R5 – Dent	R6 – Maturité
UTC nécessaires <sup>1</sup>	1 480	1 825	2 000	2 165	2 475	2 800
Date cible <sup>2</sup>	23 juillet	6 août	14 août	22 août	6 septembre	26 septembre
Teneur en eau du grain	SO <sup>3</sup>	85 %	80 %	70 %	55 %	30–35 %
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La pollinisation dure 3–7 jours.</li> <li>• Les soies continuent de s'allonger jusqu'à leur fécondation.</li> <li>• À ce stade, le rendement peut être gravement compromis par des facteurs de stress environnemental.</li> <li>• Commencer le dépistage des ravageurs de l'épi (ver de l'épi du maïs et légionnaire d'automne).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les grains commencent à accumuler de la matière sèche.</li> <li>• Les éléments nutritifs commencent à migrer des feuilles et des tiges vers les épis.</li> <li>• Les feuilles inférieures peuvent rougir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Période de remplissage rapide du grain.</li> <li>• La bonne santé des plants, le beau temps et la photosynthèse active favorisent la production de grains plus gros et d'un poids spécifique plus élevé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La partie supérieure du grain commence à durcir.</li> <li>• Les gelées meurtrières peuvent causer des pertes de rendement de 25–40 %.</li> <li>• Commencer à mesurer l'incidence de la pourriture de l'épi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La ligne de maturité progresse vers la base du grain au fur et à mesure que la culture arrive à maturité.</li> <li>• Les teneurs en eau des plantes entières conviennent à l'ensilage.</li> <li>• Quand la ligne de maturité parvient à la moitié de la hauteur du grain, le maïs a atteint 90 % de son rendement en grain.</li> <li>• Parcourir le champ à la recherche de signes de verse, d'affaissement des épis et de pourriture de la tige. Si de nombreux plants présentent ces symptômes, penser à récolter plus tôt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maturité physiologique.</li> <li>• Les grains ont atteint leur poids maximal en matière sèche.</li> <li>• Les grains doivent encore perdre de l'humidité pour être prêts au battage.</li> </ul>

<sup>1</sup> Nombre approximatif d'UTC nécessaires pour atteindre les différents stades de croissance du maïs.

<sup>2</sup> Date estimative du début des différents stades phenologiques pour des accumulations à long terme d'UTC dans une région recevant en moyenne 2 800 UTC-M1, semis prévus pour le 1<sup>er</sup> mai.

<sup>3</sup> SO : Sans objet, les grains ne se forment qu'après la pollinisation.

## Stades de croissance foliaire

Il peut sembler facile de compter les feuilles d'un plant de maïs, mais certains facteurs peuvent être la source d'erreurs. Il est important de savoir à quelle méthode de décompte on se réfère sur les étiquettes de pesticides ou dans les autres informations relatives à la production.

Au tableau 1-19, *Comparaison des stades de croissance*, sur cette page, on montre les données obtenues avec différentes méthodes de décompte des feuilles.

Voici quelles sont ces méthodes :

- **Méthode de la pointe** — décompte de toutes les feuilles y compris de toute pointe qui sort du cornet au sommet du plant.
- **Méthode de la feuille recourbée** — décompte des feuilles entièrement déployées et recourbées seulement, la feuille suivante étant visible dans le cornet, mais dressée.

- **Méthode de la collerette** — très employée aux États-Unis, décompte des feuilles dont la collerette est visible. La collerette est la bande vert blanchâtre séparant le limbe de la feuille de sa gaine, qui s'enroule autour de la tige. On désigne les stades de croissance du maïs par les codes V1, V2, V3, etc., V3 désignant un plant qui a trois collerettes visibles.

**Tableau 1-19. Comparaison des stades de croissance**

Pointe des feuilles	Feuille recourbée	Collerette	Hauteur apparente (cm)	Hauteur réelle (cm)
3	2	1	5–6	5–11
5–6	4	3	9–17	16–25
7–8	6	4–5	18–33	29–46
9–10	8	5–6	36–54	54–77
12	10	8	58–85	86–112
14–15	12	10	99–114	121–149

Source : Publication 75F du MAAARO, Guide de lutte contre les mauvaises herbes.

**Tableau 1-20. Effets de l'espacement des plants et de la variabilité de la levée sur le rendement du maïs**  
Recherches effectuées à Elora et Woodstock, 2000-2001.

Espacement des plants	Retard de la levée		
	Uniforme	2 feuilles (1 plant sur 6)	4 feuilles (1 plant sur 6)
		Pourcentage de rendement <sup>1</sup>	
Uniforme	100	95	91
Doublets (33 % des plants)	99	95	90
Triplets (50 % des plants)	98	94	90

Source : Lue, Tollenaar, Stewart, Deen, Université de Guelph.

<sup>1</sup> Exprimé en pourcentage du résultat obtenu avec un espacement et une levée uniformes.

## Uniformité de la levée

L'homogénéité de la profondeur de semis est un facteur primordial pour que la levée soit uniforme (planche 7, p. 280). Une levée inégale nuit au rendement de la culture, parce que la concurrence exercée par les plants plus gros ayant levé plus tôt réduit le potentiel de rendement des plants plus petits qui ont levé plus tard. Des études indiquent que les rendements peuvent diminuer de 5 % lorsque la levée de la moitié du peuplement est retardée de 7 jours, et de 12 % lorsqu'elle est retardée de 2 semaines. Le tableau 1-20, *Effets de l'espacement des plants et de la variabilité de la levée sur le rendement du maïs*, sur cette page, montre les résultats d'une étude de l'Université de Guelph sur l'effet relatif de ces deux facteurs sur le rendement du maïs. Si la levée de 1 plant sur 6 (17 %) a un retard de 2 stades (environ 12 jours), la perte globale de rendement est de 4 à 5 %. Si la levée de 1 plant sur 6 a un retard de 4 stades foliaires (environ 21 jours), la perte globale de rendement est de 8 %. La variabilité de l'espacement dans les rangées (doublets et vides) n'avait pas d'effet significatif sur l'importance des pertes de rendement liées au retard de la levée.

## Uniformité de l'espacement

Il est largement admis que les plants de maïs doivent être uniformément espacés dans les rangées pour produire des rendements maximaux. Cependant, une étude récente de l'Université de Guelph remet en question l'idée selon laquelle un accroissement significatif de la variabilité de l'espacement des plants entraîne d'importantes pertes de rendement. Les rendements relatifs indiqués au tableau 1-20 montrent que les pertes sont d'environ 1 % si 2 plants sur 6 (33 %) sont regroupés sous forme de doublets, et de 2 % si 3 plants sur 6 (50 %) sont regroupés sous forme de triplets. Dans cette étude, on a défini un doublet comme étant constitué de 2 plants espacés d'environ 3 cm (1 1/2 po) à côté d'un vide d'environ 38 cm (15 po), et un triplet comme étant constitué de trois plants espacés de 3 cm à côté d'un vide de 58 cm (23 po). Ces travaux montrent clairement que même si la moitié du peuplement est formée de triplets, les pertes de rendement sont minimales dans la mesure où la densité globale n'est pas affectée et que la levée est uniforme. Les plants de maïs ainsi regroupés avaient des rendements plus faibles, mais ceux-ci étaient presque entièrement compensés par

le rendement plus élevé des plants isolés qui se trouvaient près des vides.

Des recherches récentes de l'Université de Guelph suggèrent que pour la même densité, un accroissement de 2,5 cm (1 po) de l'écart type de l'espacement du peuplement s'accompagne d'une perte de rendement de moins de 0,08 t/ha (1,3 bo/ac). Ces résultats concordent avec ceux de recherches antérieures menées en Ontario à la fin des années 1970 et au Wisconsin de 1999 à 2001. À noter cependant que selon certaines études, l'accroissement de la variabilité de l'espacement pourrait s'accompagner de pertes de rendement significatives. Le M. Bob Nielsen, Ph.D., (Purdue University, Indiana) signale qu'à partir d'un écart type de 5 cm (2 po), pour chaque accroissement de 2,5 cm (1 po) de cette valeur, les rendements diminuent de 160 kg/ha (2,5 bo/ac).

Selon les résultats d'une enquête effectuée en 1998-2000 sur 127 champs de production commerciale de maïs du Wisconsin avec une densité de peuplement moyenne de 73 500 plants/ha (29 750 plants/ac), l'écart type de l'espacement était en moyenne de 8,4 cm (3 1/2 po), et de moins de 11,7 cm (4 3/4 po) dans 95 % de ces mêmes champs. Les résultats de 24 essais menés parallèlement à cette étude permettent de conclure que des pertes de rendement significatives n'apparaissent que lorsque l'écart type des espacements dépasse 12 cm (4 3/4 po). Cela corrobore les résultats des recherches effectuées en Ontario (tableau 1-20), qui montrent qu'un espacement inégal des plants n'a qu'un effet négligeable sur les rendements. De façon générale, à l'intérieur de la fourchette de variabilité présente dans la plupart des champs visés dans la province, la baisse de potentiel de rendement due à cette variabilité est probablement minime.

On considère souvent qu'un mauvais entretien du semoir ou un déplacement trop rapide de celui-ci lors des semis nuit à l'uniformité de l'espacement dans les rangs. Des recherches menées en Illinois (voir tableau 1-21, *Effets de la vitesse du semoir sur l'écart type par rapport à l'espacement voulu, la densité et le rendement du maïs*, page en regard) montrent qu'avec des semoirs bien entretenus, la vitesse de déplacement élevée et les légères variations de l'espacement n'ont aucune influence sur le rendement. Une étude de l'Université de Guelph a donné des résultats semblables : dans des systèmes traditionnels de travail du sol, l'accroissement de la vitesse du semoir de 6,5 à 12 km/h a produit une augmentation de l'espacement des plants de maïs de 1 à 2,5 cm (1/2 à 1 po), mais aucun effet sur le rendement. Cependant, dans des cultures par semis direct, l'accroissement de la vitesse du semoir s'est soldé par une perte de rendement de 0,2 t/ha (3,1 bo/ac). On peut donc penser que les semoirs doivent circuler plus lentement pour assurer un espacement plus uniforme dans les lits de semence là où les qualités du sol et (ou) des résidus de surface sont variables, ce qui est fréquent dans les systèmes de travail du sol réduit ou de semis direct.

**Tableau 1-21.** Effets de la vitesse du semoir sur l'écart type par rapport à l'espacement voulu, la densité et le rendement du maïs  
Moyenne de 11 essais effectués en Illinois de 1994 à 1996.

Vitesse d'avancement du semoir, km/h	Écart- type <sup>1</sup> , cm (po)	Nombre de plants/ha (plants/ac)	Rendement t/ha (bu/ac)
5	7,3 (2,87)	67 290 (27 231)	9,57 (152,5)
8	7,6 (2,99)	67 640 (27 373)	9,55 (152,2)
11,3	8,2 (3,22)	66 700 (26 996)	9,61 (153,1)

Source : E. Nafziger, University of Illinois, et H. Brown.

<sup>1</sup> Dans un peuplement parfait où chaque plant est séparé de ses voisins d'exactement 18 cm (7 1/4 po) l'écart type est de zéro. Si l'espacement des plants varie en moyenne de 5 cm (2 po) en plus ou en moins par rapport à l'espacement voulu de 18 cm (7 1/4 po), l'écart type est de 5 cm (2 po).

### Semoirs et leur entretien

Le choix du semoir peut avoir une influence sur le potentiel de rendement. Depuis quelques années en Ontario, on observe un intérêt croissant pour les dispositifs moins coûteux tels que les semoirs pneumatiques qui semblent permettre la mise en terre de tous les types de cultures. Le tableau 1-22, *Effets du modèle de semoir sur la variabilité de l'espacement des plants de maïs*, sur cette page, montre les résultats d'une évaluation du rendement de trois semoirs dans les systèmes traditionnels et sans travail du sol. Avec le semoir pneumatique, on a obtenu une plus grande variabilité de l'espacement des plants, des retards dans la levée et des rendements plus faibles qu'avec les autres modèles. L'écart de rendement était plus important dans les semis directs; en effet, dans ce système, le semoir pneumatique, de conception plus simple, permettait moins bien de maintenir l'uniformité de la profondeur des semis et de la fermeture du sillon. Le nouveau modèle de semoir en ligne semblait donner des rendements légèrement plus élevés que l'ancien modèle, et on peut donc penser que les progrès accomplis dans la conception de ces appareils, qui placent les semis de façon plus uniforme, mènent également à une augmentation du potentiel de rendement.

Le rendement du maïs dépend généralement plus de l'uniformité et du moment de la levée et de la densité des peuplements que de l'espacement des plants. L'entretien du semoir et le choix des accessoires (coutres, tasse-résidus) doivent viser une mise en place homogène des semis et la préparation du lit de semences en vue d'une levée rapide et uniforme. S'assurer que le semoir est de niveau et que tous les disques, les jauges de profondeur et les roues plombeuses sont conformes aux normes, qu'ils sont alignés et qu'ils fonctionnent à la bonne profondeur ou à la bonne pression.

Les vérifications faites avant les semis peuvent également avoir une influence déterminante sur l'homogénéité de la levée. Si le champ n'est pas suffisamment nivelé, si des résidus forment des accumulations par endroits ou si le sol n'a pas été ameubli uniformément, même avec un semoir parfaitement réglé, la mise en place pourrait ne pas être homogène et le lit de semence ne pas permettre pas une levée rapide et uniforme.

**Tableau 1-22.** Effets du modèle de semoir sur la variabilité de l'espacement des plants de maïs

Méthode de travail du sol, modèle de semoir	Écart d'espacement (pouces)	50 % de la levée (jours)	Rendement en grain (bo/ac)
<b>Charrue à socs</b>			
Vacuomètre <sup>1</sup>	3,4	10,1	123
Distributeur à doigt <sup>2</sup>	4,1	10,4	119
Semoir pneumatique <sup>3</sup>	7,5	11,6	117
<b>Semis direct</b>			
Vacuomètre <sup>1</sup>	3,1	11,8	114
Distributeur à doigt <sup>2</sup>	4,4	11,7	110
Semoir pneumatique <sup>3</sup>	8,1	13,5	100

Source : Lue, Tollenaar, Stewart, Deen, Université de Guelph.  
Recherches effectuées à Elora et Woodstock, 2000-2001.

### Description des semoirs :

- <sup>1</sup> Le système à vacuomètre était un semoir en ligne John Deere 1750 MaxEmerge Plus fabriqué en 1998 et équipé d'un ouvre-sillon à disques doubles, de roues ferme-sillon inclinées d'une largeur de 2,5 cm, de ramasse-résidus à doigts fixés devant l'ouvre-sillon, de trois coutres réglés à une profondeur de 10 à 15 cm et de dispositifs plombeurs.
- <sup>2</sup> Le système à distributeur à doigt était un semoir en ligne John Deere 7000 fabriqué en 1986 et équipé des mêmes accessoires que le système à vacuomètre, sans les dispositifs plombeurs.
- <sup>3</sup> Le semoir pneumatique était un modèle Gandy Orbit-Air 6224 fabriqué en 1990 et équipé d'un ouvre-sillon à disque simple et d'une seule roue plombeuse inclinée. Le semoir pneumatique ne comportait pas de ramasse-résidus, de coutres ni de dispositifs plombeurs.

Lors des visites des champs de maïs, garder ce qui suit à l'esprit :

- Les plants qui lèvent tard et qui ont une ou deux feuilles de retard sur leurs voisins auront probablement un rendement inférieur à celui des peuplements ayant eu une levée uniforme, et peut-être même inférieur à celui des cultures semées plus tard mais ayant eu une levée uniforme.
- Des investissements relativement modestes en temps et en argent (ou les deux) consacrés aux réglages du semoir (installation de nouveaux disques ouvre-sillons, mise à niveau de l'appareil, ajustement des roues plombeuses, réglage de la profondeur des semis) peuvent apporter une augmentation substantielle des rendements et des bénéfices.

### Écartement des rangs

#### Rangs rapprochés

Dès le milieu des années 1990, des recherches menées dans diverses localités de la partie nord du Corn Belt et dans le sud de l'Ontario montraient que le rapprochement des rangs de maïs (38 à 60 cm [15 à 24 po] au lieu de l'écartement traditionnel de 76 à 96 cm [30 à 38 po]) pouvait apporter des gains de rendement substantiels. Il ressortait de ces recherches que les avantages ainsi obtenus étaient plus importants sous des latitudes plus nordiques que dans les régions intermédiaires et méridionales du Corn Belt. La plupart des producteurs de l'Ontario qui ont opté pour la culture en rangs rapprochés visaient un écartement de 50 cm (20 po), et ils prévoyaient d'investir dans la conversion des semoirs et des têtes en vue d'un gain de rendement de 3 à 8 %. Plus récemment, des études effectuées en Ontario par l'Université

**Tableau 1-23.** Rendement en grain prévu selon les dates de semis et les densités de peuplement

Date de semis	Densité de peuplement (%)								
	25 000 /ha 10 000/ac	31 000/ha 12 500/ac	37 000/ha 15 000/ac	43 000/ha 17 500/ac	49 000/ha 20 000/ac	56 000/ha 22 500/ac	62 000/ha 25 000/ac	68 000/ha 27 500/ac	74 000/ha 30 000/ac
20 avril	62	70	78	82	86	90	92	94	94
25 avril	65	73	79	84	89	92	95	97	97
30 avril	67	74	81	86	91	94	97	98	99
4 mai	68	75	82	87	92	95	98	99	100
9 mai	68	75	82	87	92	95	98	99	100
14 mai	67	75	81	86	91	94	97	99	98
19 mai	65	73	79	85	89	93	95	97	97
24 mai	63	70	76	82	86	90	92	94	95
29 mai	59	68	73	78	83	86	89	90	91
3 juin	54	62	68	74	78	82	84	86	86
8 juin	49	56	63	68	73	76	79	80	81

Adaptation de données provenant de la University of Illinois, E.D. Nafziger, 1994, *Journal of Production Agriculture*. Les données initiales applicables à l'Illinois ont été repoussées de 10 jours pour refléter les dates de semis optimales en Ontario.

**Exemple :** Un champ est ensémençé le 4 mai en vue d'une densité de peuplement prévue de 62 000 plants/ha (25 000 plants/ac). À la fin du mois, le peuplement est réduit à 31 000 plants/ha (12 500 plants/ac), mais la distribution des plants et leur taille sont uniformes. Le tableau indique que le rendement auquel on peut s'attendre d'un peuplement final de 31 000 plants semés le 4 mai correspond à 75 % de celui du peuplement visé au départ (soit une diminution de 50 %). En repoussant les semis jusqu'au 29 mai, avec la même densité de peuplement (62 000 plants), le rendement prévisible grimpe à 89 %, ce qui permet de récupérer les coûts de la reprise des semis, qui se trouve alors justifiée. Pour les dates de semis ou les densités différentes des valeurs indiquées, interpoler à partir de celles-ci.

de Guelph et Pioneer Hi-Bred Ltd, ont montré que les écartements de 38 cm (15 po) ou de 50 cm (20 po) n'apportaient aucun gain de rendement par rapport à l'écartement de 76 cm (30 po). Le principal facteur en faveur des rangs plus rapprochés est qu'ils permettent d'améliorer l'interception de la lumière. Il semble cependant qu'une fois que le feuillage est entièrement développé, l'interception totale de la lumière ne soit pas plus importante dans les rangs rapprochés que dans les rangs plus espacés. L'avantage perçu des rangs rapprochés, du point de vue du rendement, doit venir de la fermeture plus précoce du couvert végétal et de la meilleure interception de la lumière à la fin juin et au début juillet.

Aucune recherche n'a par ailleurs permis d'identifier des hybrides qui seraient particulièrement bien adaptés à la culture en rangs rapprochés. Des densités de peuplement élevées conjuguées à des rangs rapprochés se traduisent souvent par des hausses de rendement, mais dans de nombreux cas on obtenait aussi des gains avec les écartements traditionnels. Les améliorations du rendement peuvent être sporadiques et les facteurs pouvant justifier les coûts d'adaptation de la machinerie peuvent dépendre d'autres facteurs, comme la possibilité d'utiliser un semoir en rangs étroits pour d'autres cultures (p. ex. haricots comestibles), la superficie ensémençée et le coût des modifications effectuées. Dans les rangs rapprochés, il y a également des risques plus importants de pourriture de la tige.

### Reprise des semis

Il n'existe pas de formule simple pour justifier les décisions de reprise des semis, et chaque cas doit être considéré individuellement. Avant de décider s'il faut reprendre les semis,

tenir compte de données telles que la première date de semis, la densité de peuplement visée, le peuplement réel, l'uniformité de la taille des plants et de leur distribution après les dommages, la date possible de la reprise des semis et le coût de l'opération (semences, fongicides, insecticides, carburant, etc.).

Il est possible d'évaluer le peuplement réel en comptant le nombre de plants sur une longueur de rangs équivalente à un millième d'acre (voir l'annexe J, *Calcul de la densité de peuplement pour différentes largeurs de rangs*, p. 268). Répéter cet exercice au moins 5 fois par 10 hectares (25 acres) dans des parties différentes du champ. Ensuite, calculer la moyenne de ces échantillons, puis la multiplier par 1 000.

Tout en évaluant la densité de peuplement, observer l'uniformité des plants, leur taille et leur distribution sur le rang. Si le peuplement compte plusieurs vides de 30 à 90 cm (12 à 36 po), le rendement peut diminuer de 2 %. Si les vides sont plus longs, de 1,25 à 2 m (4 à 6 pi), prévoir une baisse de rendement de 5 à 6 % par rapport à un peuplement uniforme. Plus les vides sont nombreux et longs sur les rangs, plus les rendements seront réduits.

Le tableau 1-23, *Rendement en grain prévu selon les dates de semis et les densités de peuplement*, sur cette page, montre l'effet de ces deux facteurs sur le rendement final en grain. Les rendements sont établis en fonction de peuplements ou l'uniformité de la taille et de la distribution des plants est normale. Les rendements correspondant à différentes dates de semis et à différentes densités de peuplement sont exprimés en pourcentage du rendement obtenu pour des semis effectués à la date optimale avec une densité de peuplement optimale, soit 64 200 à 76 200 plants/ha (26 000 à 30 000 plants/ac).



Les résultats varient selon l'endroit, les conditions du milieu, l'hybride utilisé et d'autres facteurs.

La décision de reprendre les semis dépend en grande partie de la disponibilité d'hybrides hâtifs offrant de bons rendements et des coûts de l'opération. Vérifier si le programme d'utilisation des herbicides permet le passage au soya et, dans la négative, si une nouvelle pulvérisation d'herbicide pour le maïs est nécessaire. Déterminer l'état du reste de la culture. Avant de reprendre les semis, juger si les facteurs à l'origine du problème au départ sont encore présents (état du sol, maladie, insectes, lésions causées par les herbicides). Si le problème est dû aux insectes ou à la maladie, prévoir les coûts d'un traitement à l'insecticide ou au fongicide.

## Gestion de la fertilisation

### Azote

Comme le maïs réagit bien aux produits azotés, le sol doit absolument contenir une quantité suffisante d'azote assimilable pour que la culture soit rentable. Toutefois, un excès d'azote constitue une dépense inutile et augmente les risques de pollution de l'eau souterraine par les nitrates.

La carence en azote se manifeste d'abord par le jaunissement des feuilles inférieures, qui apparaît à la pointe, puis descend le long de la nervure principale (voir planche 1, p. 279). Tôt ou tard, les parties jaunes brunissent et meurent.

Chez les jeunes plants toutefois, des pertes de rendement surviennent bien avant que l'apparition des symptômes de carence, de sorte que le jaunissement n'est pas un indicateur fiable des besoins en engrais azotés.

Deux méthodes peuvent servir à déterminer les quantités d'azote optimales :

- mesure de la teneur du sol en azote des nitrates;
- recommandations générales fondées sur le rendement attendu, le type de sol, la nature de la culture précédente, l'endroit, et le prix des engrais rajusté en fonction des cultures de légumineuses et des apports de fumier et d'autres sources d'azote des nitrates.

Les symptômes de carence en azote sont fréquents sur les feuilles inférieures au fur et à mesure que les plants approchent de la maturité, même si le sol contient une concentration d'azote compatible avec un rendement optimal.

### Teneur du sol en azote des nitrates

L'aptitude des sols à rendre l'azote biodisponible est très variable. Les concentrations d'azote des nitrates dans le sol au moment du semis, ou juste avant la formation des bandes latérales, constituent un bon indice de la capacité du sol à fournir de l'azote aux plantes. La mesure de la teneur en azote des nitrates au moyen

des analyses de sol devrait permettre d'utiliser cet élément de façon plus efficace et plus rentable tout en réduisant le risque de contamination de l'eau souterraine par les nitrates.

Beaucoup des facteurs mentionnés dans les recommandations générales ont un effet sur la teneur du sol en nitrate; il faut donc considérer les recommandations concernant la mesure de l'azote des nitrates par l'analyse du sol comme distinctes des recommandations générales sur l'azote. Des recherches en cours visent à établir des méthodes de prise en compte des résultats de l'analyse de sol sous forme d'ajustement des recommandations.

### Moment de l'échantillonnage

Les recommandations relatives aux apports d'azote et fondées sur la mesure de la teneur en azote des nitrates ont été élaborées à partir d'échantillons prélevés dans les cinq jours qui précèdent ou suivent les semis. Cependant il peut être difficile de faire des prélèvements à ce moment-là. En cette saison, les variations climatiques peuvent avoir une très grande influence sur les résultats des tests de sol (voir *Faire preuve de jugement*, p. 20). Pour ces raisons, on prélève de plus en plus souvent les échantillons lorsque le maïs a atteint une hauteur de 15 à 30 cm (6 à 12 po), avant l'épandage de l'azote en bandes latérales; cette méthode s'appelle l'analyse de l'azote des nitrates avant l'épandage en bandes.

En reportant ainsi l'échantillonnage après la saison de pointe des semis, on a plus de temps pour effectuer l'échantillonnage et pour attendre les résultats du laboratoire. En outre, il est devenu évident que les recommandations qui se fondent sur des prélèvements effectués à cette date plus tardive ont davantage de valeur que celles qui sont fondées sur les prélèvements effectués au moment des semis. Cela est particulièrement vrai lorsque le système cultural comprend des sources d'azote organique comme du fumier ou des légumineuses. Les échantillons prélevés en juin selon la méthode de l'analyse de l'azote des nitrates avant l'épandage en bandes reflètent les concentrations de nitrates qui se sont minéralisées à partir de ces sources organiques, et ils reflètent mieux la quantité d'azote total assimilable ainsi que les besoins en engrais azoté.

### Prélèvement des échantillons

Il faut prélever un autre échantillon de sol plus profond pour la mesure de l'azote des nitrates parce que ceux-ci sont plus mobiles que le phosphore et le potassium. Faire ce prélèvement à une profondeur de 30 cm (12 po). Prélever toutes les carottes de terre d'un champ donné à la même profondeur, et indiquer celle-ci sur la feuille de renseignements qui accompagne l'échantillon expédié au laboratoire.

Pour que l'échantillon soit représentatif du champ, utiliser un schéma d'échantillonnage semblable à celui qui est recommandé à *Prélèvement des échantillons*, p. 156. Comme les variations de la teneur du sol en nitrate peuvent influencer fortement sur les recommandations relatives aux engrais azotés, penser à prélever un plus grand nombre d'échantillons pour l'azote que pour le phosphore ou le potassium.

Prélever des échantillons distincts :

- des parties qui ont été gérées différemment dans le passé;
- des parties où le type de sol est nettement différent;
- des buttes et des dépressions.

### Manipulation des échantillons

Placer les carottes dans un seau de plastique propre, puis les écraser à la main et bien les mélanger. Prendre environ 500 g (1 lb) de terre du seau et les placer dans un sac de plastique propre ou dans une boîte à échantillons.

Si les échantillons ne sont pas manipulés de façon appropriée, l'activité microbienne peut modifier rapidement leur teneur en nitrates. Par conséquent, les refroidir ou les congeler aussitôt que possible. Pour l'expédition, les envelopper dans un matériau isolant qui les maintiendra au frais et les envoyer par service de messagerie pour qu'ils soient livrés au laboratoire sans délai.

Les échantillons peuvent aussi être séchés à l'air : les étaler en une mince couche sur une pellicule de plastique propre en brisant toutes les grosses mottes. Après un ou deux jours, ils devraient être secs; ils pourront alors être expédiés sans autre mesure particulière. Ne pas faire sécher les échantillons au four parce que la chaleur peut modifier leur teneur en nitrates.

### Faire preuve de jugement

Parfois, il faut corriger la quantité recommandée d'engrais à épandre selon les résultats de l'analyse de la teneur du sol en azote des nitrates.

Par exemple, quand de l'azote a été épandu sous forme de fumier ou enfoui comme engrais vert peu de temps avant le prélèvement des échantillons, il n'a pas encore été transformé en nitrates et ne peut donc pas être décelé par l'analyse. Le rapport d'analyse est accompagné d'informations sur les correctifs à apporter le cas échéant.

L'analyse de la teneur du sol en azote des nitrates n'a pas fait l'objet d'une évaluation suffisante dans les cas suivants :

- enfouissement de légumineuses ou de fumier en automne ou à la fin de l'été;
- utilisation de légumineuses dans un système de semis direct;
- prélèvement des échantillons avant les semis et avant que le sol ne se soit suffisamment réchauffé (p. ex. milieu ou fin d'avril).

Dans ces cas, il faut faire preuve de jugement avant de se fier aux recommandations du rapport d'analyse.

Le tableau 1-24, *Doses d'azote recommandées selon la quantité d'azote des nitrates*, sur cette page, montre les recommandations pertinentes pour des échantillons de sol prélevés à une profondeur de 30 cm (12 po); ces quantités ont été calculées à partir d'un rapport coût de l'azote/prix du maïs égal à 5. Si ce rapport atteint 7 (c'est-à-dire que le prix de l'engrais a monté ou que le prix du

**Tableau 1-24.** Doses d'azote recommandées selon la quantité d'azote des nitrates

Azote des nitrates au printemps <sup>1</sup> dans les 30 premiers cm (1 pi) de sol (ppm)	Azote des nitrates avant épandage en bandes <sup>2</sup> dans les 30 premiers cm (1 pi) de sol (ppm)	Quantité d'azote élémentaire recommandée	
		(kg/ha)	(lb/ac)
1	1	211	189
2	3	199	178
3	4	186	166
4	5	173	155
5	7	161	144
6	8	148	132
7	9	135	121
8	10	123	110
9	12	110	98
10	13	97	87
11	14	85	76
12	16	72	64
13	17	59	53
14	18	47	42
15	20	34	30
16	21	21	19
17	22	9	8
18	23	0	0

### Facteurs de conversion

Pour convertir les kg/ha en ppm pour un échantillon prélevé à 30 cm (12 po), diviser les kg/ha par 4. Par exemple, si la teneur en azote des nitrates d'un échantillon pris dans les 30 premiers centimètres (12 po) de sol est de 32 kg/ha, cela équivaut à :  $32 \text{ kg/ha} \div 4 = 8 \text{ ppm}$ .

<sup>1</sup> Azote des nitrates au printemps : échantillons prélevés dans les 5 jours avant ou après les semis.

<sup>2</sup> Azote des nitrates avant l'épandage en bandes : échantillons prélevés lorsque le maïs atteint 15 à 30 cm (6 à 12 po) de hauteur (habituellement dans les 2 premières semaines de juin).

maïs a baissé), réduire les doses indiquées dans ce tableau de 20 kg/ha (18 lb/ac). Voir à l'annexe B la rubrique *Ajustement selon le rapport de prix de l'azote et du maïs*, p. 259.

Diminuer les doses si la culture précédente était une pelouse de légumineuses (voir tableau 9-7, *Reduction des besoins en azote à la suite de l'enfouissement d'un engrais vert de légumineuses*, p. 162). Si du fumier a été épandu, voir le tableau 9-8, *Quantités moyennes d'azote, de phosphate et de potasse biodisponibles selon la source d'éléments nutritifs organiques*, p. 164.

### Laboratoires

Voir à l'annexe C, *Laboratoires accrédités pour les analyses de sol en Ontario*, p. 260, la liste des laboratoires habilités à mesurer la teneur en azote des nitrates des échantillons de sol.



## Feuille de calcul des doses d'azote pour le maïs

### Doses d'azote généralement recommandées pour une culture de maïs (unités métriques)

Les chiffres figurant dans cette feuille de calcul sont fondés sur les résultats d'essais effectués de 1961 à 2004. Les doses d'engrais calculées sont celles qui produisent le rendement économique le plus élevé en présence d'une qualité de gestion bonne ou supérieure à la moyenne. Les recherches montrent que des doses plus élevées permettent parfois d'accroître les rendements, mais généralement pas assez pour couvrir le prix de l'engrais supplémentaire.

Une version de cette feuille de calcul en unités de mesure impériales et des notes expliquant chaque partie se trouvent à l'annexe B, *Feuille de calcul des doses d'azote pour le maïs (unités impériales) et explications détaillées*, p. 258.

<b>A. Besoins de base en azote</b> (choisir au tableau A)	
<b>B. Ajustement en fonction du rendement</b> (Rendement [t/ha] _____ x 13,6) =	+ _____
<b>C. Ajustement selon le nombre d'unités thermiques</b> Nombre d'UTC-MI dans la région = _____ Moins 2 800 Total = _____ x 0,041 =	+ _____
<b>D. Ajustement selon la culture précédente</b> (choisir au tableau D)	- _____
<b>E. Ajustement selon le rapport de prix de l'azote et du maïs</b> (choisir au tableau E)	- _____
<b>F. Dose totale d'azote recommandée</b> (A + B + C - D - E)	= _____
<b>G. Soustraire l'azote appliqué au démarrage</b>	- _____
<b>H. Soustraire l'azote provenant du fumier<sup>1</sup></b>	- _____
<b>I. Azote additionnel en présemis</b> (F - G - H)	= _____
OU	
<b>J. Azote additionnel en bandes</b> (Si une quantité supplémentaire de N est appliquée en bandes, multiplier la valeur I par le chiffre correspondant du tableau J).	_____

<sup>1</sup> Les crédits de N provenant du fumier sont indiqués au chapitre 9, *Fertilité du sol et doses d'éléments nutritifs*.

**Tableau A. Besoins de base en azote**

Texture du sol	Besoins de base en azote	
	Sud-ouest et centre de l'Ontario	Est de l'Ontario
Argile, argile lourde	53	1
Loam argileux	40	1
Loam	32	1
Sable loameux	46	19
Loam sableux	38	19
Sable	52	19
Argile sableuse, loam sablo-argileux	43	19
Loam limoneux	20	1
Loam limono-argileux	36	1
Argile limoneuse	49	1

\* L'est de l'Ontario comprend Frontenac, Renfrew et les comtés situés plus à l'est.

**Tableau D. Ajustements en fonction de la culture précédente**

Culture précédente	Ajustement
Mais-grain	0
Mais à ensilage	14
Céréales	12
Soya	30
Haricots secs comestibles	30
Trèfle en culture de couverture (enfoui)	82
Trèfle en culture de couverture (semis direct)	67
Fourrages vivaces	
Moins d'un tiers en légumineuses	0
Un tiers à un demi en légumineuses	55
Plus de la moitié en légumineuses	110

**Tableau E. Ajustement en fonction du rapport de prix de l'azote et du maïs**

	Prix de l'azote, \$/kg N					
	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50
Prix du maïs, \$/t						
120	36	50	64	78	*	*
130	31	44	57	70	82	*
140	26	38	50	62	74	*
150	22	34	45	56	67	78
160	19	29	40	50	61	71
170	16	26	35	45	55	65
180	13	22	32	41	50	60
190	11	19	28	37	46	55
200	8	17	25	34	42	50
210	6	14	22	30	38	46
220	5	12	20	27	35	43
230	3	10	17	25	32	39

\* Pour ces rapports de prix, les ajustements n'ont pas été calculés.

**Tableau J. Ajustement en fonction de la période d'application (sud-ouest et centre de l'Ontario seulement)**

Texture du sol	Ajustement
Argile, loam argileux, loam, loam limoneux, argile limoneuse, loam limono-argileux	0.8
Argile sableuse, loam sablo-argileux, loam sableux	0.9
Sable, sable loameux	1.0

**Tableau 1-25.** Doses de phosphate et de potasse recommandées pour le maïs d'après les analyses reconnues par le MAAARO

Teneur en phosphore (ppm) évaluée au bicarbonate de sodium	Cote <sup>1</sup>	Quantité de phosphate <sup>2</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) à appliquer (kg/ha)	Teneur en potassium (ppm) évaluée à l'acétate d'ammonium	Cote	Quantité de potassium <sup>2</sup> (K <sub>2</sub> O) à appliquer (kg/ha)
0-3		110	0-15		170
4-5	RÉ	100	16-30	RÉ	160
6-7		90	31-45		140
8-9		70	46-60		110
10-12		50	61-80		80
13-15	RM	20	81-100	RM	50
16-20		20	101-120		30
21-30	RF	20	121-150	RF	0
31-60	RTF	0	151-250	RTF	0
61+	RN <sup>3</sup>	0	251+	RN <sup>3</sup>	0

100 kg/ha = 90 lb/ac

<sup>1</sup> RÉ, RM, RF, RTF et RN indiquent la probabilité que la fertilisation soit rentable, à savoir respectivement : probabilité de réponse élevée, moyenne, faible, très faible et nulle. L'épandage d'éléments nutritifs est rentable lorsque l'accroissement de la valeur de la récolte créé par le gain de rendement ou de qualité dépasse le coût d'application de l'élément nutritif en question.

<sup>2</sup> Si on utilise du fumier, réduire les épandages d'engrais en fonction de la quantité et de la qualité du fumier (voir le tableau 9-8, *Quantités moyennes d'azote, de phosphate et de potasse biodisponibles selon la source d'éléments nutritifs organiques*, p. 164).

<sup>3</sup> Quand la cote est RN, l'application de l'élément nutritif en question sous forme d'engrais ou de fumier risque de réduire les rendements ou la qualité des cultures. Par exemple, l'épandage de phosphate peut provoquer une carence en zinc dans les sols pauvres en zinc, et il peut accroître les risques de pollution des eaux. L'épandage de potasse dans des sols pauvres en magnésium peut provoquer une carence en magnésium.

## Application de l'azote

La plus grande partie de l'azote doit être épandue au printemps, en présemis, en prélevée ou en bandes avant que le maïs n'atteigne 30 cm (12 po). Les épandages d'automne sont déconseillés parce qu'ils comportent un grand risque de pertes.

Une partie de l'azote peut être épandue en bandes au moment des semis. À proximité des semences, ne pas dépasser la dose prudente d'engrais. S'il faut appliquer des doses élevées d'azote au moment des semis, le placer dans une bande distincte à plus de 10 cm (4 po) de la ligne de semences.

On peut épandre en surface les formes solides d'azote ou les solutions de nitrate d'ammonium et d'urée (NAU) sans les incorporer au sol. Cependant, pour éviter les pertes d'ammoniac par volatilisation, incorporer immédiatement dans le sol l'urée et le NAU épandus sur des résidus. Par temps sec, toutes les formes d'azote sont plus efficaces après incorporation. Le contact de solutions de NAU avec les feuilles risque de causer la brûlure de ces tissus et des pertes de rendement.

L'ammoniac anhydre injecté avec du matériel traditionnel doit être placé à au moins 15 cm (6 po) de profondeur. Dans le cas d'injections en présemis, les distributeurs ne doivent pas être espacés de plus de 50 cm (20 po). Pour des espacements supérieurs, il est recommandé d'attendre quatre jours avant les semis pour éviter d'endommager les plantules.

Quand on utilise l'outillage approprié, on peut appliquer l'ammoniac avec un cultivateur ou un pulvérisateur à disques à une profondeur d'au moins 10 cm (4 po) en espaçant les distributeurs d'au plus 50 cm (20 po).

## Phosphate et potasse

Des concentrations suffisantes de phosphore et de potassium sont nécessaires à une croissance et à un rendement optimaux du maïs, même si ces éléments nutritifs ne produisent pas de résultats aussi évidents que l'azote. Une carence en phosphore ne produit pas de symptômes très visibles, bien que les plants touchés semblent rabougris et prennent parfois une teinte vert foncé ou violacée. La teinte violacée des feuilles peut aussi être un signe de stress occasionné par du temps frais ou de lésions des racines (voir planche 2, p. 279). Les carences en potassium se manifestent d'abord par un jaunissement et un brunissement de la pointe des feuilles inférieures du plant, qui s'étend ensuite à la marge (voir planche 3, p. 279). Les rendements peuvent souffrir d'une carence en l'un ou l'autre de ces éléments nutritifs ou les deux, même en l'absence de tout symptôme visible.

Le tableau 1-25, *Doses de phosphate et de potasse recommandées pour le maïs d'après les analyses reconnues par le MAAARO*, sur cette page, présente les recommandations pertinentes pour les cultures de maïs.

Pour de l'information sur l'utilisation de ce tableau ou en l'absence d'une analyse de sol reconnue par le MAAARO, voir *Recommandations d'engrais*, p. 158.

Lorsque les analyses de sol indiquent une carence importante en phosphore et en potassium, la plus grande partie de ces éléments nutritifs peut être épandue à la volée et incorporée au sol, à l'automne ou au printemps. Si analyses de sol montrent une carence modérée ou faible de l'un ou de l'autre, épandre un engrais contenant de l'azote (de préférence sous forme ammoniacale) et du phosphore, ou bien de l'azote,

du phosphore et du potassium comme engrais de démarrage au moment des semis. Tout le phosphore et une partie du potassium peuvent être épandus en bandes à 5 cm (2 po) des semences, à 5 cm (2 po) sous le niveau de celles-ci (voir le tableau 9-21, *Doses maximales sûres des éléments fertilisants*, p. 176).

### Fertilisation au moment du semis

Des essais sur le terrain menés pendant plusieurs années ont montré qu'une application de 10 à 15 kg de  $P_2O_5$ /ha (9 à 13 lb de  $P_2O_5$ /ac) au moment du semis procure de meilleurs rendements qu'un épandage en bandes latérales de 20 kg de  $P_2O_5$ /ha (18 lb de  $P_2O_5$ /ac). Si l'analyse de sol montre des teneurs de 13 à 45 pour le phosphore, il est probable qu'une application avec les semis sera plus profitable qu'un épandage en bandes latérales. Lorsque l'analyse montre une teneur en phosphore inférieure à 13, l'application de 10 à 15 kg de  $P_2O_5$ /ha (9 à 13 lb de  $P_2O_5$ /ac) avec les semis peut aussi être bénéfique, mais elle ne saurait remplacer un apport supplémentaire de phosphore par un épandage en bandes ou à la volée.

Les engrais qui accompagnent les semences et qui contiennent de l'azote (sous forme ammoniacale) doivent avoir une faible teneur en sel et ne contenir ni urée, ni phosphate diammonique (voir le tableau 9-21, *Doses maximales sûres des éléments fertilisants*, p. 176). De plus, ils doivent être épandus uniformément, faute de quoi ils peuvent être toxiques pour les semences en germination. L'application de plus de 15 kg de  $P_2O_5$ /ha (13 lb de  $P_2O_5$ /ac) au moment du semis dans des rangées de 75 cm (30 po) est déconseillée.

### Doses maximales sûres d'éléments fertilisants

Une culture de maïs recevant trop d'engrais risque de souffrir d'un excès de sels ou d'ammoniac (planche 8, p. 280). Plus l'engrais est concentré et plus il est proche de la semence, plus les risques de dommages sont grands et plus la dose maximale sûre est faible. Les doses maximales sûres à observer sont indiquées au tableau 9-21, p. 176. Même à ces doses, il peut se produire de légères baisses de rendement et un faible ralentissement de la croissance si la culture est soumise à un stress.

### Oligo-éléments et éléments nutritifs secondaires Magnésium

Bien que le magnésium soit abondant dans la plupart des sols en Ontario, des carences en cet élément peuvent se produire dans les sols sableux ou acides. Le premier symptôme est l'apparition de bandes jaunes sur les feuilles inférieures (voir planche 4, p. 279). À mesure que la carence s'aggrave, les feuilles supérieures peuvent également présenter des bandes jaunes tandis que les feuilles inférieures deviennent rouge violacé.

La chaux dolomitique est une excellente source de magnésium là où il faut de la chaux agricole pour corriger l'acidité du sol; de plus, l'employer sur tous les sols ayant une teneur en magnésium

inférieure à 100 ppm. Pour plus d'information, voir *Acidité des sols et chaulage*, p. 158.

Par ailleurs, il arrive que certains sols ne nécessitent aucun amendement calcaire, mais qu'ils aient besoin de magnésium. Un apport en magnésium n'est recommandé que si l'analyse de sol montre une teneur inférieure à 20 ppm. Sur ces sols, le magnésium peut être appliqué sous forme de sulfate ou, si une application de potassium s'avère également nécessaire, sous forme de sulfate de magnésium potassique. Appliquer 30 kg de magnésium hydrosoluble/ha (27 lb/ac).

Une surdose de potassium peut amener des carences en magnésium; il est donc important de surveiller attentivement la teneur du sol en potassium et de s'en tenir aux doses de potasse recommandées dans les rapports d'analyses reconnues par le MAAARO.

### Soufre

Aucune carence en soufre n'a jamais été observée dans les cultures de maïs dans le sud de l'Ontario. La plupart des régions de culture du maïs de la province reçoivent suffisamment de soufre sous forme de précipitations acides. Dans le nord-ouest de l'Ontario, on peut ajouter 15 kg/ha (13 lb/ac) de soufre sous forme de sulfate avec l'engrais.

### Zinc

Des carences en zinc apparaissent parfois dans les cultures de maïs en Ontario. Bien que les symptômes visibles sur les feuilles (planche 5, p. 279) soient le meilleur indice de ce type de problème, une analyse de sol n'en demeure pas moins utile. Une carence en zinc se manifeste habituellement sous la forme d'une large bande blanche près de la base des jeunes feuilles de maïs. Si elle est grave, l'ensemble de la feuille dans le cornet blanchit (on parle alors de « bourgeon blanc »). À moins que la carence ne soit très marquée, ne pas s'attendre à une réponse visible de la culture à un apport en zinc.

Lorsqu'un apport de zinc est nécessaire, celui-ci peut être mélangé aux engrais et appliqué à raison de 4 à 14 kg/ha (3,5 à 12,5 lb/ac). La dose supérieure devrait suffire pour trois ans. Si on applique le zinc en bandes au semis, ne pas dépasser 4 kg/ha (3,5 lb/ac). L'apport de zinc peut aussi se faire par pulvérisation foliaire à raison de 60 g/100 L de solution (0,6 lb/100 gal). Utiliser un agent mouillant et poursuivre la pulvérisation jusqu'à ce que les feuilles soient bien mouillées.

### Manganèse

Les carences en manganèse sont rares dans le maïs, bien qu'on en ait signalé quelques cas sur des terres noires à pH élevé dans le sud-ouest de l'Ontario. Le maïs est beaucoup plus tolérant aux faibles concentrations de manganèse que le soja ou les céréales. Dans le maïs, une carence en manganèse se manifeste par une teinte vert olive des feuilles, parfois accompagnée de rayures à peine perceptibles. Les pulvérisations foliaires de manganèse sont le moyen le plus efficace de corriger cet état.

**Tableau 1-26.** Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour le maïs

Élément nutritif	Unité	Concentration critique <sup>1</sup>	Concentration normale maximale <sup>2</sup>
<b>Jeunes plants de maïs (5-6 feuilles)</b>			
Phosphore	%	0,35	0,70
Zinc	ppm	20,0	70,0
<b>Apparition des soies (tiers central de la feuille opposée à l'épi)</b>			
Azote (N)	%	2,5	3,5
Phosphore (P)	%	0,28	0,50
Potassium (K)	%	1,2	2,5
Calcium (Ca)	%	—	1,5
Magnésium (Mg)	%	0,10	0,60
Soufre (S)	%	0,14	—
Bore (B)	ppm	2,0	25,0
Cuivre (Cu)	ppm	2,0	20,0
Manganèse (Mn)	ppm	15,0	150,0
Zinc (Zn)	ppm	20,0	70,0

<sup>1</sup> Une baisse de rendement due à une carence en un élément nutritif est à prévoir lorsque celui-ci atteint la concentration critique ou tombe sous celle-ci.

<sup>2</sup> Les concentrations normales maximales sont plus que suffisantes mais ne causent pas nécessairement de toxicité.

Corriger la carence dès qu'on la détecte en pulvérisant sur le feuillage 2 kg de manganèse élémentaire/ha (1,8 lb/ac) sous forme de sulfate de manganèse (8 kg de sulfate de manganèse/ha [7,1 lb/ac] dans 200 L d'eau). Il est recommandé d'ajouter un mouillant-adhésif à la bouillie. Si la carence est grave, une deuxième pulvérisation peut être souhaitable. Au moment d'appliquer des oligo-éléments, prendre soin de bien nettoyer le réservoir du pulvérisateur s'il a servi à des traitements herbicides.

### Autres oligo-éléments

Les autres oligo-éléments sont peu susceptibles de donner lieu à des carences dans le maïs en Ontario. Certains d'entre eux, dont le bore, peuvent être toxiques s'ils sont appliqués sur le maïs, particulièrement en épandage en bandes ou à même l'engrais de démarrage (Pop-up ou autre).

### Analyse des tissus végétaux

Dans le cas du maïs, le stade de croissance le plus propice à l'échantillonnage des tissus varie selon l'élément nutritif visé. Pour la plupart des éléments, il vaut mieux prélever les échantillons dans le tiers central de la feuille opposée à l'épi, au moment de l'apparition des soies. Pour le phosphore et le zinc, il vaut mieux échantillonner le plant en entier lorsque cinq ou six feuilles sont visibles. Pour connaître les concentrations normales des différents éléments, voir le tableau 1-26, *Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour le maïs*, sur cette page.

Si l'échantillonnage a lieu à tout autre moment que ce qui est indiqué ci-dessus, prélever des tissus dans les parties du champ

qui sont atteintes et dans les parties saines pour permettre des comparaisons. Pour les plants qui ont six feuilles ou moins, prélever l'ensemble de la partie hors du sol. Pour les plants qui ont plus de six feuilles mais qui n'ont pas encore formé leurs soies, prélever la plus jeune feuille entièrement développée. À l'échantillon de tissu végétal, joindre un échantillon de sol prélevé au même endroit et en même temps. Pour plus d'information sur ce sujet, voir *Analyse des tissus végétaux*, p. 157.

### Fertilisation foliaire

Dans le maïs, les pulvérisations foliaires d'éléments nutritifs donnent généralement peu de résultats et elles endommagent les feuilles, sauf si elles sont fractionnées en de multiples petites doses. L'exception à cette règle est la correction de certaines carences en oligo-éléments, mais même dans ce cas, il est souvent plus économique d'appliquer l'élément nutritif au sol.

## Récolte et entreposage

### Récolte du maïs

La maturité physiologique (point noir) se produit lorsque la teneur en eau du grain tombe à 31-33 %. Passé ce stade, aucune matière sèche ne s'y ajoute. Le maïs-grain récolté à des teneurs en eau supérieures à 28 % est souvent considérablement endommagé, ce qui rend plus difficile sa commercialisation. Les marchés de grain de haute qualité alimentaire peuvent exiger que le maïs soit récolté à des teneurs en eau aussi basses que 20 à 22 %.

Évaluer s'il est réellement avantageux de retarder la récolte dans l'espoir d'abaisser les coûts de séchage et d'améliorer la qualité des échantillons, compte tenu des risques accrus de verse, d'affaissement des épis et de temps pluvieux. Pour déterminer s'il faut devancer les dates de récolte dans le but de prévenir les pertes de récolte, inspecter les champs et vérifier la qualité des tiges. Lorsque celle-ci laisse à désirer, le premier gros vent ou la première pluie violente risque de causer des pertes de récolte considérables. La performance de la tête de la récolteuse est également importante au moment de récolter du maïs dont la tige est peu vigoureuse. Garder la vitesse de la tête compatible avec la vitesse au sol afin d'améliorer la circulation des tiges à travers les plaques dépanouilleuses et les rouleaux preneurs. Les rapprocher au besoin.

L'action de la moissonneuse-batteuse peut avoir pour effet de réduire la qualité du grain pour les raisons suivantes :

- vitesse de rotation du cylindre trop élevée;
- ouverture du contre-batteur insuffisante;
- fourrures trop nombreuses sur le contre-batteur;
- défaut de parallélisme du contre-batteur et du cylindre.

Quand le maïs a gelé avant la maturité, l'expérience montre que généralement le meilleur moyen de maintenir la qualité du grain est de faire fonctionner le cylindre à la vitesse la plus basse possible.



Voici des indications générales pour l'évaluation des pertes de récoltes dues au fonctionnement de la moissonneuse-batteuse :

- des pertes de 22 grains/m<sup>2</sup> (2 grains/pi<sup>2</sup>) équivalent à environ 0,06 t/ha (1 bo/ac);
- une perte d'un épi de taille moyenne par  $\frac{1}{100}$  d'acre ( $6,4 \times 6,4$  m [ $21 \times 21$  pi]) équivaut à une baisse de rendement de 0,06 t/ha (1 bo/ac).

Si les pertes occasionnées par la moissonneuse-batteuse dépassent 0,16 t/ha (2,5 bo/ac), effectuer les réglages pertinents.

### Récolte et entreposage du maïs à ensilage

Voir *Ensilage préfané et ensilage de maïs*, p. 73.

### Entreposage du maïs

#### Séchage et entreposage du maïs

Les trois principaux types de séchoirs généralement utilisés sur les fermes sont les suivants :

- cellules sèches;
- séchoirs discontinus;
- séchoirs continus.

Aucun système de séchage en particulier n'est supérieur aux autres à tous les égards. Le choix d'un séchoir à grain dépend des caractéristiques recherchées : capacité de séchage, qualité du grain, efficacité énergétique ou de séchage (BTU/kg d'eau retirée), facilité d'utilisation, main-d'œuvre nécessaire au fonctionnement, possibilité de sécher différents types de cultures, besoin d'entretien et coût des investissements.

Tous les séchoirs font passer de l'air « sec » sur le grain pour faire évaporer l'humidité qu'il contient et l'évacuer. Cet air de séchage est chauffé, ce qui réduit son humidité relative et accroît ainsi son pouvoir de séchage. On peut sécher du grain mouillé à des températures plus élevées sans l'endommager parce que l'évaporation de l'humidité le refroidit. Au fur et à mesure que le grain s'assèche, il approche de la température de l'air de séchage. Par conséquent, plus il est en contact longtemps avec l'air chauffé, plus il devient sec et chaud.

#### Séchage du maïs avec ou sans air chaud

Le grain de maïs sèche au fur et à mesure que l'humidité qu'il renferme s'évapore à sa périphérie. La plus grande partie de l'humidité contenue dans le grain est évacuée par la base de celui-ci. Les premiers pourcentages d'humidité sont faciles à éliminer avec relativement peu d'énergie. Les derniers pourcentages se trouvent plus profondément dans le grain. Au fur et à mesure que la périphérie s'assèche, l'humidité doit donc sortir du centre. Or ce mouvement vers la périphérie du grain n'est pas aussi rapide que l'évaporation produite par le passage de l'air sec sur sa surface, de sorte qu'il faut davantage d'énergie pour retirer les derniers pourcentages d'humidité.

**Tableau 1-27.** Températures maximales de l'air recommandées pour le séchage du maïs destiné à diverses utilisations

Utilisation	Température maximale de séchage (°C)
Mais de semence	45
Fécule de maïs	70
Usages industriels, aliments pour non-ruminants	90
Aliments pour bovins	120

### Températures de séchage

On peut sécher le maïs avec de l'air à différentes températures, mais celles-ci ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées au tableau 1-27, *Températures maximales de l'air recommandées pour le séchage du maïs destiné à diverses utilisations*, sur cette page. Le maximum recommandé dépend de plusieurs facteurs dont l'utilisation finale du grain, sa teneur en eau initiale, le type de grain et le modèle de séchoir.

Le pouvoir germinatif est détruit lorsque la température réelle du grain dépasse environ 50 °C, et sa valeur nutritive est réduite lorsqu'il atteint 90 à 100 °C.

### Qualité du grain

Pour réduire le fendillement dû au stress, sortir le grain chaud du séchoir, le laisser reposer un moment avant de le soumettre à un débit d'air minimal de 6,5 L/sec/m<sup>3</sup> (0,5 pi<sup>3</sup>/min/bo).

Le fendillement des grains dû au stress et les autres dommages physiques qu'ils subissent dépendent de la vitesse d'élimination de l'eau, de leur température maximale ainsi que de leur vitesse de refroidissement après le séchage.

En plus de maintenir la qualité du grain, l'utilisation d'un système d'aération à l'air sec ou d'aération à l'air frais peut augmenter la capacité de fonctionnement du système de séchage. De nombreux producteurs ontariens pratiquent l'aération à l'air frais, qui consiste à retirer le maïs du séchoir pour le placer dans une cellule de stockage où il subit un refroidissement progressif. Ainsi le maïs chaud est ajouté de façon continue sur la cellule de stockage final où il refroidit lentement.

### Séchage à l'air ambiant

Le séchage du maïs à l'air ambiant est possible presque partout dans le sud de l'Ontario. Cette méthode convient bien aux exploitations d'élevage où l'on souhaite produire un maïs de haute qualité qui est exempt de fissures dues au stress. Une bonne gestion du système de séchage à l'air ambiant est une condition essentielle à l'obtention de bons résultats.

#### Exigences minimales de séchage à l'air ambiant

- Aménager un plancher d'aération complet dans la cellule de stockage;
- Nivelier la surface du grain sur toute la cellule de stockage;



- Assurer un débit d'air d'au moins 26 L/sec/m<sup>3</sup> (2 pi<sup>3</sup>/min/bo), ou plus de préférence;
- Récolter le maïs alors qu'il contient au plus 25 % d'humidité;
- Nettoyer le grain afin de le débarrasser des morceaux de rafles ou de particules fines;
- Mesurer précisément la teneur en eau du maïs dans la cellule de stockage;
- Bien lire la température de l'air et l'humidité relative à l'extérieur;
- Bien comprendre la teneur en eau à l'équilibre du maïs;
- Après avoir rempli la cellule de stockage, retirer un peu de grain du centre (par la vis de déchargement). Le mieux est de retirer quelques chargements de la cellule. Cela crée un couloir vertical de chute et élimine la colonne de particules fines qui a pu s'accumuler au centre. Nettoyer le grain retiré avant de le remettre dans la cellule de stockage. Même si les chargements sont remplacés immédiatement dans la cellule sans nettoyage, ils offrent moins de résistance au passage de l'air que si on ne les avait pas enlevés;
- Installer un interrupteur de commande du ventilateur.

#### Quand faire fonctionner le ventilateur

On ne fait pas fonctionner le ventilateur tout à fait de la même façon pour sécher le maïs à l'air ambiant que pour d'autres cultures. Une fois que la cellule de stockage est assez remplie pour maintenir en place le faux fond perforé, on peut mettre le ventilateur en marche. Le faire fonctionner sans interruption pendant les trois premières semaines après le remplissage de la cellule, ou tant que le premier front de séchage n'a pas atteint la surface du grain.

Le premier front de séchage a atteint la surface du grain lorsqu'il y a une baisse notable de la teneur en eau du maïs à cet endroit. Avant cela, le niveau d'humidité du maïs qui se trouve devant ce front reste le même qu'à la récolte et peut même augmenter légèrement par rapport au maïs sous-jacent. Si on éteint le ventilateur pendant une période prolongée au début du processus de séchage, on risque de stopper définitivement la progression du front de séchage, qui peut ne plus reprendre sa progression même après la remise en marche du ventilateur; du coup le maïs qui se trouve au-delà sera exposé à la détérioration.

Beau temps, mauvais temps, le ventilateur doit fonctionner tant que le premier front de séchage n'a pas atteint la surface du grain.

Une fois que le premier front de séchage a atteint la surface du grain, commencer à gérer le fonctionnement du ventilateur à l'aide du tableau 1-28, *Teneur en eau à l'équilibre du maïs exposé à l'air*, sur cette page. Laisser le ventilateur en marche tant que les conditions extérieures permettent le séchage du maïs le plus humide de la cellule. Il peut arriver que cette méthode mène à un léger accroissement de la teneur en eau du maïs situé au fond de la cellule; cependant ce phénomène contribue en fait à assécher l'air, qui assèche lui-même davantage les couches situées au-dessus.

**Tableau 1-28.** Teneur en eau à l'équilibre du maïs exposé à l'air

Température °C	Humidité relative (% à l'état humide)				
	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %
0	13,7	15,1	16,6	18,4	21,3
5	13,1	14,4	15,9	17,8	20,7
10	12,5	13,8	15,4	17,3	20,2
15	11,9	13,3	14,9	16,8	19,8
20	11,5	12,8	14,4	16,4	19,4
25	11,0	12,4	14,0	16,0	19,0

Parfois, le maïs n'atteint pas la teneur en eau souhaitée avant les grands froids. Le séchage à l'air ambiant à des températures inférieures au point de congélation est très lent et inefficace. Alors on peut être obligé d'attendre le début du printemps pour éliminer les derniers pourcentages d'humidité. Certains éleveurs ne terminent jamais le séchage du maïs destiné au fourrage après l'hiver parce qu'il se transforme et s'entrepouse bien à des teneurs en eau plus élevées.

Il existe des humidistats qui permettent un pré réglage du taux d'humidité relative auquel le ventilateur sera mis en marche. Dans les cellules de stockage pourvues de dispositifs de brassage, ceux-ci maintiennent des teneurs en eau relativement uniformes.

Le grain ayant une teneur en eau de plus de 25 % peut encore être séché à l'air ambiant. Pour ce faire, remplir partiellement la cellule de stockage de façon à assurer un débit d'air de 52 à 78 L/sec/m<sup>3</sup> (4 à 6 pi<sup>3</sup>/min/bo). Les producteurs qui ont besoin de maïs qui sera consommé comme fourrage à la fin septembre peuvent récolter les tournières et entreposer ce grain dans la cellule de stockage. Les températures douces de la fin septembre, conjuguées à un débit d'air plus élevé, permettront un séchage en quelques semaines.

#### Teneur en eau à l'équilibre

Des chercheurs ont mis au point des tableaux de la teneur en eau finale du maïs placé dans de l'air à une température et à une humidité relative données. Par exemple, au tableau 1-28, *Teneur en eau à l'équilibre du maïs exposé à l'air*, sur cette page, le chiffre situé dans la rangée 10 °C et dans la colonne 70 % est la teneur en eau à l'équilibre du maïs exposé à l'air extérieur à cette température et à ce taux d'humidité relative (15,4 %).

#### Autres problèmes relatifs à la récolte Insectes et maladies

La figure 1-2, *Calendrier de dépistage des ennemis du maïs*, page en regard, indique les causes possibles des symptômes observés dans le champ. Les descriptions de chacun des ravageurs et maladies, des stratégies de dépistage et de prévention se trouvent au chapitre 13, *Déprédateurs des grandes cultures*, et au chapitre 14, *Maladies des grandes cultures*.

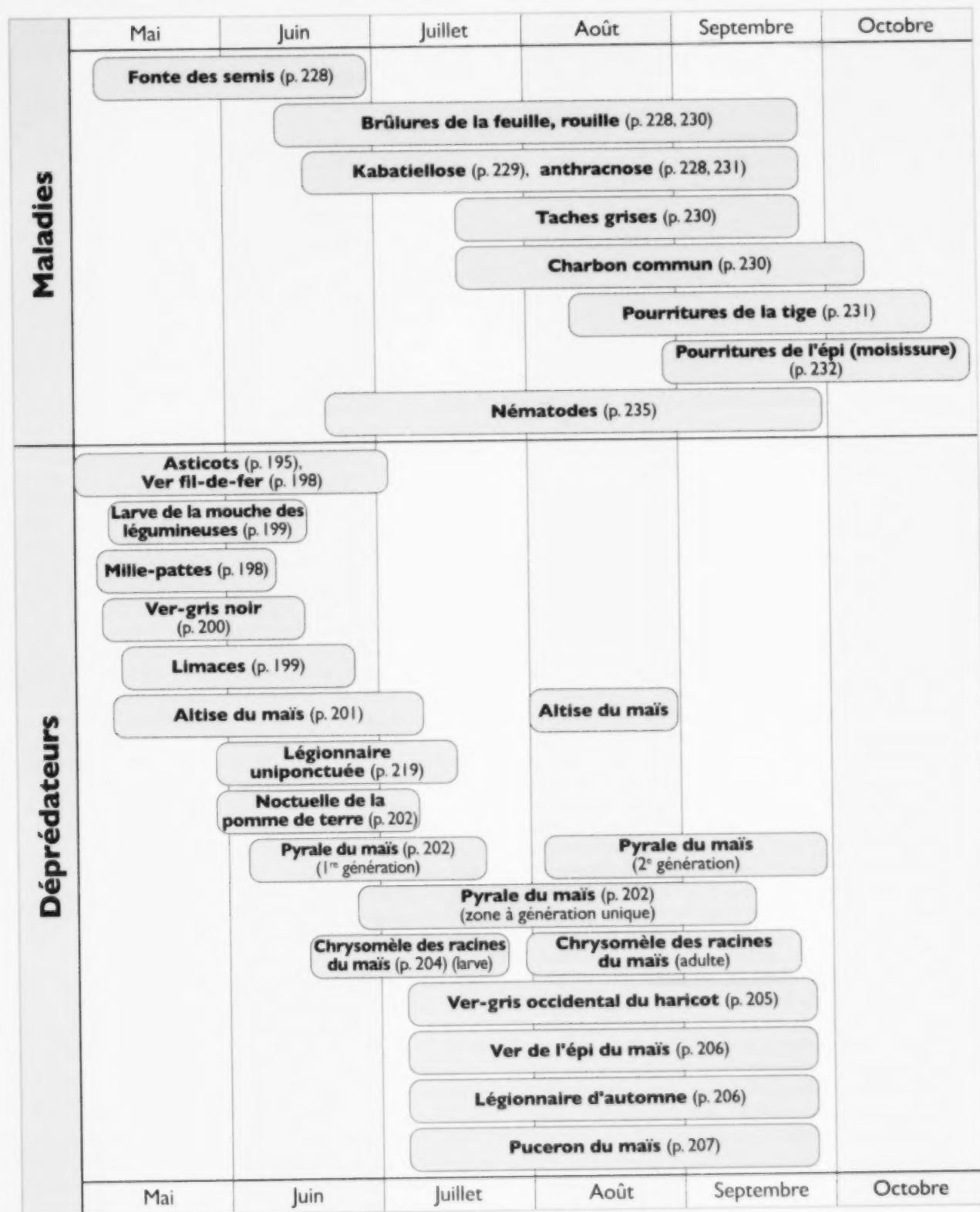


Figure 1-2. Calendrier de dépistage des ennemis du maïs

## Froid

### Froid en début de saison

Les dommages causés par le gel en mai ou en juin ont généralement peu de conséquences, pourvu que le point végétatif soit encore sous la surface du sol, ce qui est le cas jusqu'à ce que le jeune plant atteigne plus ou moins le stade de six feuilles. Sur les plants plus avancés et (ou) lorsque les dommages sont plus graves, fendre les tiges pour voir si le point végétatif a été endommagé. Cette vérification prend un certain temps, puisqu'il faudra probablement attendre trois à cinq jours après l'épisode de gel pour évaluer avec précision l'ampleur des dégâts et vérifier si les points végétatifs sont sains (blancs jaunâtres et fermes) ou constater la reprise de la croissance foliaire.

Les tissus foliaires gelés se décolorent et prennent une couleur de paille plusieurs jours après la gelée. Dans certains cas, ils peuvent former un « nœud » qui nuit à l'expansion des tissus non endommagés situés plus bas dans le cornet (planche 9, p. 280). On a parfois l'impression que les plants se remettent mieux si l'on coupe ces nœuds en fauchant le champ, mais cette pratique n'améliore que l'apparence de la culture. Selon des essais menés dans des champs de maïs touchés par le gel, le fauchage des champs donne l'impression qu'il permet aux plants de verdifier, mais les parties non fauchées des mêmes champs se sont souvent remises aussi rapidement et ont donné des rendements égaux sinon supérieurs à ceux des parties fauchées.

On ne peut pas faire grand chose pour prévenir ce type de problème. Certaines pratiques accroissent les risques liés aux dommages dus au gel dans les cultures de maïs :

- sarclage des entre-rangs;
- épandage d'azote en bandes latérales (là où le sol est perturbé);
- épandages d'herbicides;
- présence de mauvaises herbes;
- épaisse couche de résidus laissés par la culture précédente.

Si la météo prévoit un risque de gel, penser à retarder le sarclage des entre-rangs, l'épandage de l'azote en bandes latérales ou les applications d'herbicides jusqu'à ce que les températures se radoucissent. Tout ce qui dérange la surface permet à de plus grandes quantités d'air de pénétrer dessous et isole les plants de maïs de la chaleur contenue dans la masse du sol, d'où une augmentation des risques de dommages causés par le gel. De la même façon, les résidus de culture et les mauvaises herbes agissent comme un barrière au transfert de la chaleur du sol vers les plants de maïs. Par ailleurs, les sols secs sont plus propices aux dommages causés par le gel parce qu'ils ont une moins bonne capacité de rétention de la chaleur le jour, ce qui réduit la quantité de chaleur pouvant être transférée aux plants de maïs et les protéger pendant la nuit.

### Froid en fin de saison

Au stade du remplissage du grain en août et septembre, le froid peut causer des baisses de rendement et de qualité dont l'ampleur dépend du stade phénologique du maïs et des températures minimales.

**Tableau 1-29.** Risques estimatifs de baisse du rendement et de la qualité du maïs-grain associés aux dommages causés par le gel en fin de saison

Stade de croissance de la culture	Dommages causés par le gel	Perte de rendement en grain estimative	Problèmes de qualité du grain
Mi-pâteux	Plant au complet	40 %	Graves
Mi-pâteux	Feuilles seulement	25 %	Graves
Début apparition de la dent	Plant au complet	25 %	Moyens
Début apparition de la dent	Feuilles seulement	15 %	Moyens
Ligne de maturité ½	Plant au complet	10 %	Mineurs
Ligne de maturité ½	Feuilles seulement	0-5 %	Inexistants

**Nota :** Ce tableau se veut un guide; les différences entre hybrides, la vigueur d'ensemble du plant au moment du gel et les températures subséquentes ont toutes une influence sur le rendement en grain et la qualité de celui-ci.

Lorsque les températures tombent à 0 °C, le gel endommage d'abord les feuilles, ce qui interrompt la photosynthèse, ralentit le remplissage du grain et, souvent, nuit à la vigueur de la tige. Toutefois, tant que la température de l'air ne tombe pas sous les -2 °C, les tissus de la tige restent viables et les éléments qui les constituent sont donc mobilisés pour remplir l'épi autant que possible. Si, par contre, les températures chutent sous les -2 °C, les feuilles et les tiges peuvent être endommagées, ce qui met un terme à la fois à la photosynthèse et à la remobilisation des éléments nutritifs. Le remplissage des grains prend fin et le point noir apparaît. Le tableau 1-29, *Risques estimatifs de baisse du rendement et de la qualité du maïs-grain associés aux dommages causés par le gel en fin de saison*, sur cette page, montre les répercussions possibles des dégâts provoqués par le gel.

En général, le début de l'apparition de la dent est le moment crucial à partir duquel le gel peut endommager les feuilles de maïs sans qu'il y ait de grandes répercussions sur le rendement en grain. Ce stade se caractérise par l'apparition de petites indentations dans la couronne du grain, à tout le moins dans la partie inférieure de la rafle.

Même en l'absence de dommages causés par le gel, plusieurs nuits froides d'affilée peuvent compromettre le remplissage du grain. Dans une étude menée à l'Université de Guelph, M. Thys Tollenaar, Ph.D., a constaté qu'après des nuits où les températures étaient tombées à 2 °C, la photosynthèse et la vitesse de remplissage du grain avaient diminué de 50 %. Toutefois, au retour de températures plus clémentes, les mêmes plants avaient repris leur activité et affichaient des taux de croissance comparables à ceux des plants qui n'avaient pas du tout été exposés au froid. Tant que le maïs n'a pas été gravement endommagé par le gel, le remplissage du grain devrait se poursuivre après le retour des températures normales.

**Tableau 1-30.** Pourcentage estimatif de pertes de rendement du maïs-grain après une défoliation à divers stades de croissance

Stade de croissance <sup>1</sup>	Défoliation (en %)																		
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	Perte de rendement (en %)																		
7 feuilles	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	4	5	5	6	7	8	9	9
9 feuilles	0	0	0	1	1	2	2	3	4	5	6	6	7	7	9	10	11	12	13
11 feuilles	0	0	1	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22
13 feuilles	0	1	1	2	3	4	6	8	10	11	13	15	17	19	22	25	28	31	34
15 feuilles	1	1	2	3	5	7	9	12	15	17	20	23	26	30	34	38	42	46	51
17 feuilles	2	3	4	5	7	9	13	17	21	24	28	32	37	43	48	53	59	65	72
18 feuilles	2	3	5	7	9	11	15	19	24	28	33	38	44	50	56	62	69	76	84
19-21 feuilles	3	4	6	8	11	14	18	22	27	32	38	43	51	57	64	71	79	87	96
Floraison mâle	3	5	7	9	13	17	21	26	31	36	42	48	55	62	68	75	83	91	100
Floraison femelle	3	5	7	9	12	16	20	24	29	34	39	45	51	58	65	72	80	88	97
Brunissement des soies	2	4	6	8	11	15	18	22	27	31	36	41	47	54	60	66	74	81	90
Pré-gonflement	2	3	5	7	10	13	16	20	24	28	32	37	43	49	54	60	66	73	81
Gonflement	2	3	5	7	10	13	16	19	22	26	30	34	39	45	50	55	60	66	73
Début laiteux	2	3	4	6	8	11	14	17	20	24	28	32	36	41	45	50	55	60	66
Laiteux	1	2	3	5	7	9	12	15	18	21	24	28	32	37	41	45	49	54	59
Fin laiteux	1	2	3	4	6	8	10	12	15	18	21	24	28	32	35	38	42	46	50
Pâteux mou	1	1	2	2	4	6	8	10	12	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41
Début apparition de la dent	0	0	1	1	2	3	5	7	9	11	13	15	18	21	23	25	27	29	32
Dent formée	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Maturité	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau adapté d'un document intitulé *Corn Loss Instruction* (rév. 1994) du National Crop Insurance Services et reproduit avec l'autorisation de cet organisme.

<sup>1</sup> Déterminé selon la méthode de la feuille recourbée (c.-à-d. 40 à 50 % de la feuille sortie du cornet et pointe de la feuille orientée au-dessous de l'horizontale).

Dans certains cas, les dommages causés par le froid obligent à récolter le maïs comme ensilage et non sous forme de grain. Il y a plusieurs points importants à prendre en compte pour ce qui est de la gestion de l'ensilage. Le maïs d'ensilage qui a gelé avant que la ligne de maturité n'atteigne la moitié de la hauteur du grain (ligne de maturité  $\frac{1}{2}$ ) risque de contenir trop d'humidité pour se prêter à l'ensilage. Idéalement, dans ce cas, retarder la récolte de maïs jusqu'à ce que le plant entier atteigne la teneur en eau souhaitée pour l'ensilage.

## Chaleur

Le stress dû à la chaleur est différent de celui dû à la sécheresse. Le maïs tolère habituellement des températures allant jusqu'à 38 °C avant de subir des dommages, dans la mesure où il n'est pas en même temps soumis à la sécheresse. La sensibilité à la température et à la sécheresse varie d'un hybride à l'autre. Ceux qui tolèrent le mieux la sécheresse peuvent donner des rendements décevants, et ils ne constituent sans doute pas un bon choix pour les saisons normales.

## Grêle

Les champs de maïs endommagés par la grêle peuvent présenter une réduction de la surface foliaire, des meurtrissures des épis et des tiges et, dans les cas graves, des bris de tiges (planche 10, p. 280). Les pertes de rendement ainsi causées dépendent du stade de la culture au moment où la grêle survient et de l'ampleur de la défoliation. Elles sont plus importantes lorsque

le maïs est défolié durant la floraison mâle. Dans le cas des plants plus jeunes, la grêle peut retarder leur croissance et leur développement, mais elle ne cause généralement que des pertes de rendement mineures. La défoliation des plants qui sont presque à maturité cause en général des pertes de rendement peu importantes. Voir le tableau 1-30, *Pourcentage estimatif de pertes de rendement du maïs-grain après une défoliation à divers stades de croissance*, sur cette page, pour évaluer les conséquences possibles de la grêle. Les lésions ainsi causées peuvent aussi constituer une porte d'entrée pour des maladies comme le charbon.

## Inondation

L'inondation du sol impose un stress au plant en privant les racines d'oxygène. Les plants les plus jeunes meurent s'ils sont submergés pendant plus de cinq jours, particulièrement si le temps est doux. Si la température de l'air est élevée, la mort du plant peut survenir en quelques jours seulement parce que son métabolisme est très actif, de sorte que ses racines ont besoin de grandes quantités d'oxygène. Si le temps est plus frais, les plants submergés peuvent survivre jusqu'à une semaine. Après le stade de huit feuilles, ils peuvent tolérer une submersion de plus de huit jours, mais ils peuvent alors devenir plus susceptibles à la maladie, et leur croissance racinaire peut être ralentie pendant la durée de l'inondation. Les pertes de rendement dues aux inondations sont plus graves si les plants sont submergés immédiatement avant ou pendant les floraisons mâle (formation de la panicule) et femelle (apparition des soies). Lorsque les

plants sont aux stades végétatifs de 10 à 16 feuilles et (ou) de remplissage du grain, l'inondation nuit peu au rendement.

### Sécheresse

Pendant la saison de croissance, les cultures de maïs ont besoin d'environ 50 cm d'eau pour produire des rendements élevés. Il peut s'agir de l'eau emmagasinée dans le sol, des précipitations ou de l'eau d'irrigation.

Le manque d'eau fait flétrir les feuilles, qui prennent une teinte grisâtre (planche 6, p. 279). C'est entre le moment de la formation de la panicule mâle et celui de l'apparition des soies que le maïs souffre le plus de la sécheresse et que celle-ci peut occasionner des pertes de rendement si un autre stress est présent. Pendant les stades végétatifs qui suivent (V8-V14), la sécheresse peut en fait être bénéfique aux plants puisqu'elle force les racines à s'enfoncer rapidement dans le sol. Par contre, si elle survient pendant la formation des soies, la période de sécheresse peut nuire à la pollinisation et empêcher les soies d'apparaître; si elle survient après le stade de l'apparition des soies, elle peut nuire au remplissage des grains.

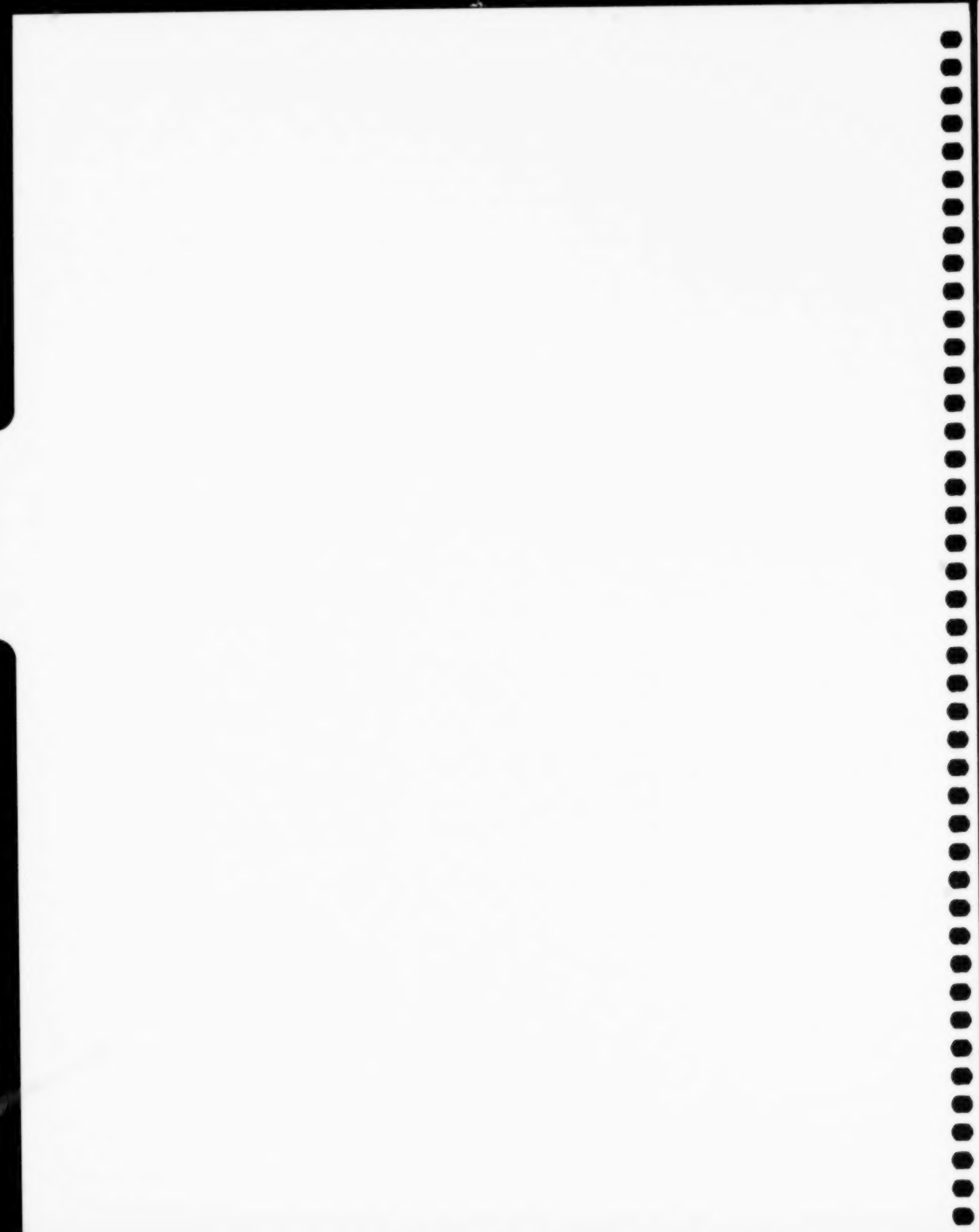
### Domages causés par les oiseaux

Les oiseaux peuvent endommager les plantules au moment de la levée. Toutefois, les dommages les plus graves sont ceux qui touchent le grain en août et en septembre (planche 11, p. 280). Les oiseaux mangent les grains à même la rafle et causent des pertes de rendement directes; les lésions subies par les grains peuvent ensuite constituer une porte d'entrée pour les moisissures. Il est facile de confondre les dommages produits par les oiseaux avec les lésions infligées aux plantules par le ver-gris noir ou celles causées aux épis causés par les sauterelles. Des bruiteurs comme les AV Alarm<sup>®</sup>, des canons au propane, des détonations et la sirène de marque Phoenix ainsi que des enregistrements de cris d'oiseaux en détresse permettent de tenir les oiseaux à distance si on emploie plusieurs techniques à la fois tout en modifiant fréquemment les réglages ou les sources sonores. Si les oiseaux ou les animaux sauvages causent des dégâts importants, communiquer avec le ministère des Richesses naturelles pour connaître les méthodes de lutte possibles.

Les traitements de lutte contre les insectes, les ravageurs et les maladies sont présentés dans la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.







## 2. Soya

Chaque année, plus de 809 000 ha (2 millions d'acres) de soya sont mis en culture en Ontario. Les facteurs qui ont contribué à la généralisation de cette production dans la province sont la création de cultivars plus hâtifs, un plus vaste choix d'herbicides, les possibilités d'adaptation au semis direct et la faiblesse relative des coûts de production.

Les variétés tolérantes au glyphosate représentent environ les deux tiers de la production totale, le tiers étant constitué de variétés non génétiquement modifiées (OGM). La demande pour des produits à identité préservée destinés à des marchés de spécialité (p. ex. de consommation humaine, organismes non génétiquement modifiés, aliments biologiques) a fait apparaître en Ontario des possibilités commerciales distinctes des débouchés traditionnels du soya que sont la production d'huile et la fabrication d'aliments pour le bétail.

### Systèmes de travail du sol

Le potentiel d'adaptation du soya à divers systèmes de travail du sol, notamment le semis direct, a favorisé l'accroissement de la superficie consacrée à cette culture. En effet, environ les deux tiers des cultures de soya sont des semis directs ou des systèmes de travail réduit du sol. L'expérience sur le terrain et les essais de recherche montrent que les rendements sont comparables d'un système de travail du sol à l'autre. La gestion du système de travail du sol est tout aussi importante que choix du système.

**Tableau 2-1. Rendement du soya selon le système de travail du sol**

Méthode de travail du sol <sup>1</sup>	Largeur des rangs en cm (po)				
	Rang simple	Rangs jumelés			
	76 cm (30 po)	76 cm (30 po)	56 cm (22,5 po)	38 cm (15 po)	19 cm (7,5 po)
	Rendement du soya en t/ha (bo/ac)				
Semis direct	2,72 (40,4)	3,04 (45,3)	2,93 (43,6)	3,06 (45,5)	3,06 (45,5)
Charrue à socs, automne	2,94 (43,8)	3,02 (44,9)	2,93 (43,6)	3,12 (46,4)	3,21 (47,7)
Travail du sol par bandes, automne	2,78 (41,3)	2,93 (43,6)	—	—	—
Travail du sol par bandes, printemps	2,71 (40,3)	3,02 (45,0)	—	—	—

Plus petit écart significatif ( $P = 0,05$ ) = 2,42 bo

<sup>1</sup> Moyenne de neuf sites par année. Université de Guelph (1998-2000). Essais effectués avec travail du sol par bandes au printemps, environ un jour avant les semis, sur les loams de types suivants : argileux, limono-argileux, limoneux et Guelph.

<sup>2</sup> Si la différence entre 2 traitements est supérieure à 2,4 bo/ac, il y a moins de 1 chance sur 20 qu'elle soit due à une variation fortuite.

### Semis direct et travail réduit du sol

Selon des recherches menées en Ontario, le rendement des cultures de soya en semis direct était comparable à celui des cultures effectuées par labour d'automne à la charrue à socs, et cela vaut pour les rangs espacés de 56 cm (22,5 po) ou moins et pour les rangs jumelés (voir le tableau 2-1, *Rendement du soya selon le système de travail du sol*, sur cette page). Bien que ces deux systèmes donnent un rendement comparable, le semis direct permet souvent de réaliser de meilleurs profits parce qu'il est moins coûteux en intrants. Pour ce qui est des rangs simples espacés de 76 cm (30 po), c'est le labour à la charrue à socs qui a produit le meilleur rendement. Par contre, les rangs jumelés ont donné des rendements plus élevés que les rangées espacées de 76 cm (30 po), et ce, dans tous les systèmes de travail du sol. De plus, cette étude n'a pas permis de montrer que le travail du sol par bandes produisait une amélioration significative du rendement par rapport au semis direct. Cependant certains essais effectués en Ontario montrent que le travail du sol traditionnel donne un rendement légèrement plus avantageux (0,13 t/ha [2 bo/ac]) que le semis direct. De façon générale, le travail du sol amène une amélioration plus prononcée dans les champs où la rotation des cultures est déficiente que là où elle comprend de moins grandes quantités de soya.

Dans la culture par semis direct, les clés du succès sont la prévention du compactage du sol, la gestion des résidus et la mise en terre lorsque le sol est prêt. Sur des sols à texture lourde (argile, loam limono-argileux et argile limoneuse), la mise en œuvre du semis direct peut être plus difficile que sur les sols plus légers. Certaines années, à ces endroits, les producteurs ont constaté une baisse des rendements du soya cultivé par semis direct par rapport aux cultures avec travail du sol traditionnel. Cependant, comme le montre le tableau 2-2, *Rendement des cultures de soya au Collège de Ridgetown, Université de Guelph, de 1992 à 2000*, sur cette page, les recherches effectuées sur des sols argileux Brookston ont montré que le semis direct et le labour d'automne (charrue à socs) produisaient les mêmes rendements à long terme.

**Tableau 2-2. Rendement des cultures de soya au Collège de Ridgetown, Université de Guelph, de 1992 à 2000**

Système de travail du sol	Rendement moyen <sup>1</sup> (à l'exclusion de 1996)	
	t/ha	bo/ac
Labour d'automne à la charrue à socs	3,21 a	47,7 a
Semis direct	3,21 b	47,8 a
Travail du sol au chisel à l'automne	3,05 b	45,4 b
Billonnage	2,96 b	44,1 b
Travail du sol par bandes	3,06 b	45,5 b

Plus petit écart significatif ( $P = 0,05$ ) = 2,2 bo

Les résultats suivis de la même lettre ne présentent pas d'écart significatif entre eux, le plus petit écart significatif étant de 5 %.

**Tableau 2-3.** Effet du travail du sol réduit au printemps sur le rendement du soja (2003–2005)

Méthode de travail du sol <sup>1</sup>	Rendement moyen <sup>2</sup> (à l'exclusion de 1996)	
	t/ha	bo/ac
Semoir pour semis direct	3,03 c	45,1 c
Semoir pour semis direct avec coutres (profondeur 3,8 cm)	3,05 c	45,4 c
Semoir pour semis direct avec coutres (profondeur 9 cm)	3,09 b	46,0 b
Travail préalable (1 à 3 jours avant les semis, à 9 cm)	3,15 a	46,9 a

Plus petit écart significatif ( $P = 0,05$ ) = 0,4 bo

Source : Bohner, MAAARO.

<sup>1</sup> Résultats de 40 essais avec semoir pour semis direct JD 1560. Passage de coutres dans le rang au moment des semis (coutres de 2 cm [0,75 po]). Travail préalable par passage du coutre, 1 à 3 jours avant les semis, à une profondeur de 9 cm (coutres de 4,5 cm [1,75 po]). Pour le travail préalable, aucun passage de coutres sur le semoir JD.

<sup>2</sup> Les résultats suivis de la même lettre ne présentent pas d'écart significatif entre eux.

Dans les cultures par semis direct, on effectue souvent les semis plus tard que dans les champs soumis au travail traditionnel parce que le sol est plus humide et plus frais. Certains producteurs effectuent un travail réduit du sol au printemps (travail préalable), ce qui permet de réduire cet écart. Le travail par passage unique de coutres a produit un léger gain de rendement par rapport au simple semis direct. Le passage de coutres à une profondeur de 9 cm (3,5 po) au moment des semis a également donné un gain de rendement marginal, et le passage de coutres à une profondeur de 3,8 cm (1,5 po) n'a donné aucune amélioration dans les recherches dont les résultats sont résumés au tableau 2-3, *Effet du travail du sol réduit au printemps sur le rendement du soja (2003–2005)*, sur cette page.

Quand on sème du soja après des céréales, dès la récolte de celles-ci, on doit porter une attention particulière à la gestion des résidus afin de ne pas nuire à l'établissement du soja. La meilleure méthode consiste à enlever la paille et à étaler la balle en une couche uniforme. En effet, des essais de recherches menés par l'Université de Guelph montrent que l'enlèvement de la paille de blé a pour effet d'améliorer l'état des lits de semence et de favoriser l'établissement, la croissance et le rendement du soja en semis direct. On peut voir ces résultats au tableau 2-4, *Effets du travail du sol et de la gestion des résidus de blé sur le rendement du soja (1994–1996)*, sur cette page. Les résidus céréaliers forment parfois un tapis qui ralentit le réchauffement et l'assèchement du sol au printemps; cela peut avoir pour effet de retarder les semis, la levée et le début de la croissance du soja, et d'accroître les dommages causés par les limaces. Le travail réduit effectué à l'automne ou au printemps, sans travail superficiel supplémentaire, permet d'améliorer l'état des lits de semences et d'ameublir le sol, ce qui accélère le début de la croissance du soja tout en maintenant une quantité suffisante de résidus pour prévenir l'érosion.

De préférence, ne pas travailler le sol des collines et des pentes érodables. Dans ce cas, de préférence, ne travailler que les terres qui restent habituellement fraîches ou humides au printemps.

**Tableau 2-4.** Effets du travail du sol et de la gestion des résidus de blé sur le rendement du soja (1994–1996)

Système de travail du sol (et de gestion de la paille)	Rendement du soja	
	t/ha	bo/ac
Labour d'automne à la charrue à socs, paille en balles	3,29	48,9
Travail du sol au chisel à l'automne, paille en balles	3,30	49,1
Travail du sol au pulvérisateur à disques à l'automne, paille en balles	3,21	47,8
Travail du sol par bandes à l'automne, paille en balles	3,19	47,5
Semis direct, paille et chaume entièrement laissés sur place	2,27	33,8
Semis direct, paille en balles mais chaume laissé sur place	3,00	44,7
Semis direct, paille en balles et déchaumage	3,28	48,8

Recherches effectuées à Centralia et à Wyoming.

Source : T. Vyn, G. Opuku et C. Swanton, Université de Guelph.

**Nota :** Le chaume avait une hauteur d'environ 20 à 30 cm (10 à 12 po), sauf dans les parcelles où il avait été coupé et enlevé.

#### Types de sol

Centralia : loam, loam argileux.

Wyoming : argile limoneuse, loam limono-argileux.

Les cultures de soja ont été semées à l'aide d'un semoir de conservation JD 700 muni d'un coutre simple de 1 1/4 po. Le semoir à semis direct était équipé d'un sarcleur à dents.

#### Rotation des cultures

Les cultures de soja réagissent très bien à la rotation. Le tableau 2-5, *Rendement du soja en fonction de diverses rotations des cultures (1997 à 2000)*, sur cette page, résume les résultats de recherches effectuées au Collège de Ridgetown, Université de Guelph. La rotation soja, blé d'automne, maïs a donné le meilleur rendement, tandis que la monoculture du soja a produit le rendement le plus faible. Les rotations courtes s'accompagnent d'une plus forte incidence des maladies et d'autres problèmes à long terme; entre autres, les populations de nématodes à kyste du soja (NKS) peuvent s'accroître rapidement et faire diminuer encore plus les rendements (voir *Nématode à kyste du soja*, p. 235). Le maintien d'une rotation de trois ou quatre ans avec des espèces qui ne sont pas hôtes permet également de réduire l'incidence de la pourriture à sclérotas. Dans les champs ayant déjà été infectés par la pourriture phytophthoréenne, les rotations de courte durée favorisent la multiplication des souches de la maladie et la gravité de celle-ci. L'utilisation répétée d'herbicides du groupe 2 (inhibiteurs ALS) favorise la multiplication des mauvaises herbes qui y sont résistantes.

**Tableau 2-5.** Rendement du soja en fonction de diverses rotations des cultures (1997 à 2000)

Rotation des cultures	Rendement du soja	
	t/ha	bo/ac
Monoculture de soja	2,89	43
Maïs, soja	3,09	46
Blé d'automne, soja	3,23	48
Blé d'automne, maïs, soja	3,23	48

Collège de Ridgetown, Université de Guelph, 1997–2000.

**Tableau 2-6.** Dates de maturité des cultivars de soya nécessitant 2 950, 3 050 et 3 150 unités thermiques de croissance (1990 à 1999)

Dates de maturité des cultivars de soya <sup>1</sup>				
Année	Date de semis	Cultivar nécessitant 2 950 UTC	Cultivar nécessitant 3 050 UTC	Cultivar nécessitant 3 150 UTC
1990	28 mai	20 septembre	25 septembre	30 septembre
1991	11 mai	8 septembre	13 septembre	20 septembre
1992	15 mai	25 septembre	27 septembre	2 octobre
1993	20 mai	21 septembre	26 septembre	1 <sup>re</sup> octobre
1994	27 mai	14 septembre	16 septembre	21 septembre
1995	23 mai	16 septembre	18 septembre	21 septembre
1997	23 mai	17 septembre	21 septembre	27 septembre
1998	21 mai	14 septembre	17 septembre	23 septembre
1999	12 mai	10 septembre	13 septembre	19 septembre

Source : Ablett, Collège de Ridgeway, Université de Guelph.

<sup>1</sup> Dates de maturité physiologique. La moisson et la manutention auraient lieu trois à dix jours plus tard.

### Semis de blé d'automne après une culture de soya

Si l'on prévoit de semer du blé d'automne après une culture de soya :

- Choisir un cultivar qui nécessite environ 100 à 200 UTC de moins que ce qui prévaut dans la région. Selon des recherches du Collège de Ridgeway, Université de Guelph (1990-1999), un cultivar nécessitant 100 UTC de moins qu'un autre de pleine saison vient à maturité 5 jours plus tôt en moyenne (intervalle : 3-7 jours). Un cultivar nécessitant 200 unités thermiques de moins qu'un autre de pleine saison vient à maturité 9 jours plus tôt (voir le tableau 2-6, *Dates de maturité des cultivars de soya nécessitant 2 950, 3 050 et 3 150 unités thermiques de croissance (1990 à 1999)*, sur cette page).
- Semer le soya tôt pour éviter de retarder les semis de blé.
- On peut calculer la date de semis du blé à partir de la date de semis du soya et du nombre de jours avant la maturité du cultivar en question.
- Choisir un cultivar de soya de pleine saison si l'on prévoit de semer du blé d'automne à la volée dans une culture existante.
- Voir les dates de semis du blé d'automne sous *Dates de semis*, p. 92.

Pour plus de renseignements sur la rotation des cultures de soya et sur les précautions à prendre dans les différents systèmes de travail du sol, voir *Rotation des cultures*, p. 147.

## Choix des cultivars

Il existe plus de 200 cultivars de soya et leur roulement sur le marché est assez rapide. Pour faire un choix, prendre en considération non seulement leur date de maturité et leur rendement, mais également leur tolérance ou leur résistance aux maladies et aux pucerons, ainsi que leur résistance à la verse et au nématode à kyste du soya.

### Date de maturité et unités thermiques de croissance

La croissance du soya dépend du nombre d'unités thermiques de croissance accumulées, de la longueur des jours et du nombre d'heures d'ensoleillement. Selon le moment où ils surviennent, la maladie, le stress hydrique et d'autres types de stress peuvent avoir pour effet d'avancer ou de retarder la date de maturité.

Choisir un cultivar en fonction du nombre d'unités thermiques dans la région considérée; pour l'Ontario, ces données sont indiquées de façon approximative à la figure 1-1, *Unités thermiques de croissance (UTC-M1) pour le maïs*, p. 9. Les cultivars de pleine saison permettent de tirer profit de toute la période de croissance pour assurer le meilleur rendement possible. Cependant, pour les cultures de soya de spécialité comme les cultivars à hile blanc, choisir ceux ayant un cycle plus court pour s'assurer une récolte de qualité.

### Couleur du hile

Le hile est le point d'attache de la graine de soya à la gousse. Sa couleur diffère d'un cultivar à l'autre : jaune (Y), jaune imparfait (IY), gris (GR), chamois (BF), brun (BR), noir (BL) ou noir imparfait (IBL). En général, le soya à hile jaune est celui qui est le plus recherché pour les marchés d'exportation. Dans les cultivars à hile jaune imparfait (IY), celui-ci est parfois décoloré, et les graines ainsi touchées peuvent ne pas être propres à l'exportation.

### Cultivars de qualité supérieure

En plus de la date de maturité, d'autres facteurs jouent un rôle important dans le choix des variétés :

- potentiel de rendement;
- résistance à la verse;
- résistance aux insectes et aux maladies.

Pour le choix des cultivars de qualité supérieure, il existe trois principales sources de renseignements :

- résultats d'essais de rendement;
- résultats des bandes d'essai à la ferme;
- renseignements fournis par les fournisseurs sur les caractéristiques d'un cultivar.

Le Comité des cultures oléagineuses et protéagineuses de l'Ontario effectue chaque année des essais de rendement dans diverses localités de la province, et il publie ses résultats en automne dans un rapport (*Ontario Soybean Variety Trials*) qui est également affiché sur le Web à [www.soybean.on.ca](http://www.soybean.on.ca). Ces résultats sont précieux parce qu'ils permettent notamment de comparer



le potentiel de rendement des différents cultivars et d'établir des cotes de maturité, de hauteur des plants et de résistance à la verse. Dans le sud-ouest de l'Ontario, on évalue aussi la résistance à la pourriture phytophthoréenne des cultivars semés dans des sols argileux. Dans les sols lourds, il est recommandé de semer des cultivars résistants à la pourriture phytophthoréenne. Pour ce qui est des champs infestés par le nématode à kyste du soya, inclure régulièrement des cultivars résistants à ce ravageur dans la rotation (voir *Nématode à kyste du soya*, p. 235).

Pour faciliter les choix, les producteurs de semences diffusent des renseignements détaillés sur les caractéristiques de croissance de leurs cultivars. Dans l'évaluation du rendement, ne pas oublier que les résultats des essais effectués avec le travail du sol traditionnel constituent une indication fiable du rendement du même cultivar obtenu avec la méthode du semis direct.

Dans les sols à texture moyenne à légère, qui ont une forte teneur en azote résiduel ou qui reçoivent régulièrement des apports de fumier, semer un cultivar qui a une bonne résistance à la verse. Si le soya est destiné à nourrir le bétail à la ferme, choisir un cultivar ayant une forte teneur en protéines.

Les divers cultivars donnent des résultats différents selon les conditions de croissance. Pour réduire le risque de d'échec de la culture, semer plus d'un cultivar. Consacrer le gros de la superficie semée à des cultivars éprouvés et tester les nouveaux sur une superficie moindre.

### Cultivars à identité préservée

La préservation de l'identité est l'isolement d'un cultivar donné depuis le semis jusqu'à la livraison à l'utilisateur final. Ce concept n'est pas nouveau puisqu'il existe déjà dans un certain nombre de marchés, par exemple ceux des semences et du soya pour consommation humaine. L'arrivée de cultivars génétiquement modifiés (OGM) a fait naître, chez les consommateurs, une demande pour des soyas à identité préservée non génétiquement modifiés, et ce marché permet à l'agriculteur de bénéficier de divers contrats et primes.

Cependant il faut évaluer les primes offertes pour la production de ces cultivars en fonction du temps, de l'effort de gestion et des coûts supplémentaires que cela entraîne. Limiter ces cultures à une superficie permettant de faire toute la récolte en temps opportun. Les renseignements sur le rendement de certains cultivars de spécialité peuvent ne pas être disponibles, ou ils ne sont parfois diffusés que par les entreprises qui vendent la semence et (ou) qui acceptent de prendre livraison des récoltes. Il faut évaluer les qualités agronomiques d'un cultivar à identité préservée (rendement, résistance aux maladies et date de maturité) afin de déterminer si la prime offerte à la vente est suffisante. Le Comité des cultures oléagineuses et protéagineuses de l'Ontario effectue des essais de rendement sur divers cultivars de soya pour consommation humaine, dont il affiche les résultats sur son site Web à l'adresse [www.gosoy.ca](http://www.gosoy.ca). Aux fins d'assurance-récolte, Agricorp publie un facteur d'ajustement du rendement pour un certain nombre de cultivars de soya de spécialité.

### Biotechnologie

Des cultivars qui ont des propriétés particulières (p. ex. résistance à certains herbicides) sont disponibles en Ontario. Ils pourraient être utiles aux agriculteurs qui tentent de régler certains problèmes précis liés aux mauvaises herbes. Ces cultivars se prêtent également bien à certains systèmes de travail du sol, mais certains d'entre eux peuvent ne pas être acceptés dans tous les marchés du soya.

## Semis et croissance de la culture

### Qualité des semences

Il est important de connaître la qualité des semences. Celles qui sont certifiées doivent être conformes à des normes de pureté et de pouvoir germinatif. Pour connaître la qualité des semences communes, avant les semis, en faire évaluer le pouvoir germinatif dans un laboratoire accrédité (voir l'annexe F, *Laboratoires offrant des tests de germination sur demande en Ontario*, p. 263).

### Viabilité et détérioration

Le facteur de qualité le plus important dans l'évaluation des lots de semences est le pouvoir germinatif, c'est-à-dire la capacité de production de plantules normales dans des conditions favorables (humidité de 95 à 100 % et température de 25 °C). Les sources de stress présentes dans les champs après les semis ont souvent pour effet de faire diminuer la levée des plantules comparativement à ce qu'on obtient en laboratoire.

Un meilleur outil d'évaluation de la capacité des semences à lever rapidement et de façon homogène dans un large éventail de conditions est la mesure de leur cote de vigueur, que l'on évalue par un test de vigueur, également appelé test de stress, ce nom étant plus approprié. Selon les normes visant les semences certifiées, on doit tester leur pouvoir germinatif. En outre, de nombreux distributeurs testent régulièrement la vigueur de leurs semences et publient les résultats.

La figure 2-1, *Effet de la détérioration des semences sur leur vigueur et leur pouvoir germinatif*, page en regard, montre la relation entre ces paramètres. À mesure que la détérioration s'accroît, le pouvoir germinatif diminue lentement et la vigueur diminue très rapidement.

Dans le cas du lot A, il y a peu de détérioration, et le pouvoir germinatif et la vigueur sont comparables. Par contre, le lot B a un excellent pouvoir germinatif, mais peu de vigueur.

Divers facteurs sont susceptibles de faire diminuer la vigueur des semences, notamment leurs caractéristiques génétiques, les maladies, les lésions mécaniques, la détérioration au cours de l'entreposage et les conditions atmosphériques présentes avant la récolte. Cependant le facteur le plus important semble être l'environnement. Des études effectuées au moment de la récolte par l'Université de Guelph suggèrent que le délai entre la maturation physiologique et la récolte entraîne une perte de vigueur. Pour la production de semences, il est important de récolter le soya en temps opportun.

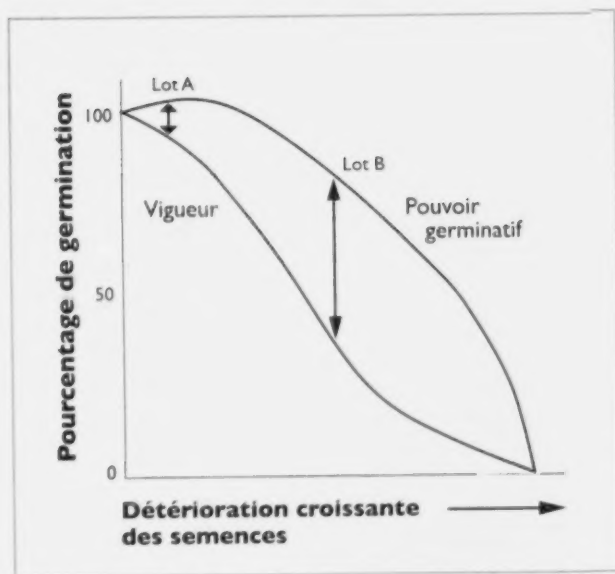


Figure 2-1. Effet de la détérioration des semences sur leur vigueur et leur pouvoir germinatif

Source : Delouche et Caldwell, 1960.

### Inoculation

L'azote gazeux de l'air ( $N_2$ ) est fixé par des organismes vivants qui le convertissent en une forme que les plantes peuvent utiliser, soit l'ammonium ( $NH_4^+$ ). Dans les légumineuses, cette fonction est assurée par les bactéries symbiotiques du type *Rhizobium* qui colonisent les poils racinaires en formant des nodosités. On appelle inoculation l'ajout dans le sol des rhizobactéries propres au soya (*Bradyrhizobium japonicum*). Grâce à la plante, elles bénéficient d'un milieu de croissance protégé et d'un apport en glucides et en minéraux, et elles lui fournissent de l'azote. Une culture de soya de 3,4 t/ha (50 bo/ac) prélève 210 lb d'azote/acre, en premier lieu à partir des quantités qui sont déjà disponibles dans le sol, le reste (40 à 75 %) étant produit par les nodosités.

Les inoculants peuvent être appliqués « à la ferme » au moment des semis ou sous forme de « pré-inoculants ». Les pré-inoculants sont formulés pour permettre aux bactéries de survivre sur les semences, de sorte qu'on peut inoculer celles-ci longtemps avant les semis. Ils sont généralement appliqués par un appareil commercial de traitement des semences et ils sont compatibles avec de nombreux traitements aux fongicides ou aux insecticides. Dans des essais effectués par l'Université de Guelph, les pré-inoculants se sont avérés aussi efficaces que les inoculants appliqués au moment des semis.

La plupart des produits de ce type disponibles actuellement sont associés à un porteur stérile (tourbe) ou à une formulation liquide. La base stérile est une poudre de tourbe qui est stérilisée avant l'ajout de la souche d'inoculant. Ces produits contiennent une concentration beaucoup plus élevée de rhizobactéries que l'ancienne poudre de tourbe non stérile, souvent contaminée

par des microorganismes susceptibles d'être des compétiteurs des rhizobactéries.

Lorsqu'il est semé pour la première fois dans un champ, pour donner de bons rendements, le soya doit être inoculé avec une souche de rhizobactéries. Pour être sûr d'obtenir une bonne inoculation, employer deux produits différents ou au moins deux lots différents du même produit.

Quel que soit l'inoculant, il doit bien recouvrir la semence pour avoir une efficacité maximale. Pour l'application à la ferme, placer l'inoculant à la base de la vis de chargement au moment de remplir le semoir. Les fournisseurs vendent également des dispositifs qu'on accroche sur le côté d'un camion, d'une bacciterne ou d'une remorque à décharge par gravité. Il arrive que des agriculteurs utilisent de trop grandes quantités de liquide de traitement des semences ou d'inoculant, qui bouche le semoir ou crée un dépôt dans la vis de chargement. On peut prévenir ce problème en appliquant une faible dose de tourbe en même temps.

Certaines formes de traitement des semences et certains engrais liquides peuvent nuire au rendement de l'inoculant. Avant d'utiliser un inoculant, vérifier sur l'étiquette la durée de sa viabilité sur la semence si l'application est effectuée avec une forme de traitement ou en mélange avec un engrais liquide.

Là où l'on a déjà eu une culture de soya de teinte vert foncé ayant un bon nombre de nodosités, l'inoculant n'est pas essentiel, sauf sur les sols acides (pH inférieur à 6,0) ou sableux, et dans les champs mal drainés qui ont été inondés pendant une longue période. Dans de tels cas, on recommande l'inoculation pour chaque nouvelle culture de soya. S'il subsiste une incertitude quant à la formation de nodosités en nombre suffisant dans les cultures précédentes de soya, inoculer pour écarter tout risque de mauvaise nodulation. Lors d'essais menés en Ontario, dans des champs où une récolte précédente avait produit suffisamment de nodosités, l'inoculation du soya a donné un accroissement du rendement de 0,1 t/ha (1,5 bo/ac). Même en l'absence de cultures de soya, les rhizobactéries survivent de 7 à 10 ans dans la plupart des sols, et même parfois plus de 50 ans.

Des études ont montré qu'il était difficile de remplacer les souches de bactéries existantes par d'autres plus efficaces. Lorsqu'une souche est établie dans le sol, elle élimine toute nouvelle souche qui pourrait être introduite sur les semences.

Le fumier ou les engrais azotés commerciaux épandus sur les champs de soya constituent un apport d'azote rapidement disponible que le soya absorbe avant celui produit par les rhizobactéries. Dans ces champs, la formation de nodosités est parfois retardée, mais les rendements ne sont aucunement affectés. Là où l'on cultive du soya pour la première fois et où l'on épand du fumier ou des engrais azotés commerciaux, les nodosités peuvent ne pas se former et il y a risque de carence en azote à la fin de la saison à moins que le sol en contienne de grandes quantités.

**Tableau 2-7.** Effet des dates de semis sur le rendement et la hauteur des plants

Date de semis	Rendement t/ha (bo/ac)	% par rapport à un plein rendement	Hauteur des plants cm
10 mai	3,23 (48)	100	104
24 mai	2,96 (44)	92	93
7 juin	2,75 (41)	85	89

Source : Bohner, MAAARO, 2004-2006.

Normalement, les racines du soya sont colonisées par *Bradyrhizobium japonicum* peu après la levée et les nodosités se forment de deux à trois semaines après le semis. Vérifier les champs à ce stade pour pouvoir appliquer de l'azote en cas d'échec de l'inoculation. Dans les champs où l'on cultive du soya pour la première fois, les nodosités se forment sur la racine pivotante. Là où l'on a déjà cultivé du soya, il y a également des nodosités sur les racinelles.

La nodulation s'est bien déroulée s'il y a de 7 à 14 nodosités par plante à l'apparition de la première fleur.

Les feuilles de soya passent souvent par une teinte vert clair ou même jaune pâle juste avant que les nodosités commencent à produire des quantités suffisantes d'azote; il s'agit d'une phase importante du développement d'une culture saine. Une fois que les nodosités se sont établies et commencent à produire de l'azote, les feuilles reprennent leur couleur vert foncé. Si la nodulation se déroule bien et en présence d'humidité et d'éléments nutritifs en quantité suffisante, la teinte jaune ne persiste que pendant sept à dix jours.

### Date de semis

Le choix de la date de semis est un important outil d'optimisation du potentiel de rendement, une mise en terre précoce, habituellement dans les dix premiers jours de mai, donnant les meilleurs résultats. À cet égard, tout retard a de bonnes chances de s'accompagner d'une diminution significative du rendement, comme le montre le tableau 2-7, *Effet des dates de semis sur le rendement et la hauteur des plants*, sur cette page).

Le soya est plus sensible à la température du sol que le maïs. Cependant, de façon générale, si la température du sol et les conditions d'humidité permettent de semer du maïs, elles conviennent aussi aux semis de soya.

Une forte gelée printanière peut tuer le soya semé tôt parce que le point végétatif des plantules levées se situe au-dessus de la surface du sol. Toutefois le soya résiste à des températures pouvant aller jusqu'à -2,8 °C pendant une courte période, alors que les tissus du maïs sont endommagés à partir de -2 °C.

**Tableau 2-8.** Effet de l'espacement des rangs sur le nombre de jours avant la formation d'un couvert complet (semis en mai)

Espacement des rangs	N <sup>bre</sup> de jours avant la formation d'un couvert complet	
	Semis avant le 15 mai	Semis après le 15 mai
18 cm (7 po)	30	25
38 cm (15 po)	45	40
51 cm (20 po)	55	50
76 cm (30 po)	70	65

### Semis retardés

Lorsque les semis sont retardés, le soya prend moins de jours pour arriver à maturité; par exemple, si les semis sont différés d'un mois, la maturité ne sera retardée que de neuf jours. Par ailleurs, le retard dans les semis peut réduire la période de croissance végétative, de sorte que les plants sont plus courts et les gousses plus basses. Le fait de semer tard réduit également la durée de la période de floraison, ce qui se traduit par une diminution du nombre de gousses par plant. La date de semis a aussi une certaine influence sur la durée du stade de remplissage des gousses.

En général, si les semis sont différés de trois jours, la maturité est retardée d'une journée.

Si les semis ont lieu après le 15 juin, soustraire 100 à 200 unités de l'estimation du nombre d'UTC disponibles. En Ontario, les semis effectués après le 1<sup>er</sup> juillet se soldent généralement par des échecs. Si l'on doit semer après cette date, choisir des cultivars de pleine saison à hile pâle. En cas de gelée hâtive, les hiles foncés peuvent « tacher » l'intérieur des graines. Les cultivars de journées courtes semés tard en saison donnent des plants extrêmement courts avec peu de gousses.

Pour améliorer la croissance végétative des semis tardifs, choisir des cultivars qui atteignent une plus grande hauteur et les semer en rangs plus serrés. Si les semis sont tardifs et que les rangs sont espacés, le potentiel de rendement diminue. Ajouter 10 % au taux de semis, pour accroître la hauteur des gousses les plus basses et le nombre de gousses par acre.

### Récoltes successives

De temps à autre, quelques producteurs de l'extrême sud de l'Ontario tentent de cultiver du soya immédiatement après la récolte des céréales d'automne ou de pois. Malheureusement, dans la province, les récoltes successives de ce type se soldent souvent par un échec. Ne pas enlever un bon peuplement de trèfle rouge pour semer du soya; étant donné les risques liés à cette tentative de deuxième récolte, il vaut mieux s'en tenir aux bénéfices apportés par le trèfle rouge. Ne pas tenter non plus de produire une deuxième récolte si le nématode à kyste du soya est présent dans le champ; en effet, la culture de soya immédiatement après une céréale d'automne annulerait une partie des effets bénéfiques de cette dernière culture qui n'est pas un hôte de ce ravageur, et elle permettrait à celui-ci de se multiplier.

**Tableau 2-9.** Incidence de l'espacement des rangs sur le rendement

Espacement des rangs	Rendement <sup>1</sup>
18 cm (7 po)	3,3 t/ha (49 bo/ac)
36 cm (14 po)	3,2 t/ha (47 bo/ac)
53 cm (21 po)	3,0 t/ha (45 bo/ac)
71 cm (28 po)	2,7 t/ha (40 bo/ac)

<sup>1</sup> Résultats de recherches effectuées sur des loams argileux dans la zone de 3 250 UTC. La réponse devrait être plus accentuée dans les régions à saison de croissance plus courte. La réponse à la réduction de l'espacement des rangs est moins marquée si la croissance s'effectue en présence de stress.

Voici quelques conseils de gestion pour améliorer les chances de réussite d'une seconde récolte :

- À la première récolte, laisser environ 20 cm (8 po) de chaume pour favoriser l'allongement de la tige du soya et la formation des gousses plus haut sur le plant;
- Semer le soya immédiatement après une récolte de céréales ou de pois effectuée en temps opportun;
- Placer les semences de façon à les recouvrir d'une couche de terre humide de 1 cm ( $\frac{1}{2}$  po) d'épaisseur, sans dépasser une profondeur de 7,5 cm (3 po);
- Si possible, choisir des cultivars à hile pâle de pleine saison qui donnent de grands plants;
- Utiliser des taux de semis élevés en semant en rangs serrés.

### Espacement des rangs

La culture du soya se prête bien à une vaste gamme d'espacements dans les régions ontariennes où la saison de croissance est longue. Le choix de l'espacement dépend de facteurs tels que le système de travail du sol employé, l'équipement, les problèmes de mauvaises herbes, l'état du sol, la présence de pourriture à sclérotés et la date du semis. En Ontario, la plupart du temps, on cultive le soya en semis denses (espacement de 19 cm [7,5 po]) ou en rangs à espacement intermédiaire (38 à 56 cm [15 à 22 po]).

Les cultures plus espacées permettent le travail du sol entre les rangées et sont moins sujettes à l'encroûtement; par ailleurs, si les rangs sont rapprochés, le couvert peut se former plus rapidement, ce qui maximise l'interception de la lumière. Le tableau 2-8, *Effet de l'espacement des rangs sur le nombre de jours avant la formation d'un couvert complet (semis en mai)*, page en regard, montre les différences entre les périodes en question. La formation rapide du couvert végétal facilite aussi la maîtrise des mauvaises herbes.

Sur les sols plus lourds, notamment argileux, les espacements plus larges permettent de semer davantage de graines par mètre de rang, ce qui peut faciliter la levée. Sur les sols argileux sujets à l'encroûtement, les espacements de 38 cm (15 po) ou plus ont permis une meilleure levée que les semis denses. Les rangs plus espacés laissent aussi mieux circuler l'air, ce qui limite les effets de la pourriture à sclérotés.

**Tableau 2-10.** Rendements obtenus avec un semoir à céréales de 7,5 po et un semoir de précision

Taux de semis, graines/ha (graines/ac)	Semoir à céréales, espacement de 19 cm (7,5 po), t/ha (bo/ac) <sup>1</sup>	Semoir de précision, espacement de 38 cm (15 po), t/ha (bo/ac)
370 500 (150 000)	2,92 (43,4) b	3,03 (45,0) ab
494 000 (200 000)	3,11 (46,2) a	3,12 (46,4) a

Plus petit écart significatif ( $P = 0,05$ ) = 2,2 bo

Source : Bohner, MAAARO.

<sup>1</sup> Les résultats suivis de la même lettre ne présentent pas d'écart significatif entre eux.

La culture de soya en rangs serrés offre un gain de potentiel de rendement plus grand dans les régions où la saison de croissance est courte. Plus on avance vers le sud-ouest de l'Ontario, plus cet avantage diminue en importance. Dans les régions où la saison de croissance est courte (moins de 2 800 UTC), on recommande des espacements de 18 cm (7 po).

Dans les champs sujets à la pourriture à sclérotés, semer des rangées espacées de 38 cm (15 po) ou plus, même dans les régions à saison courte. Dans le sud-ouest de l'Ontario, il se peut également que le rapprochement des rangs à moins de 53 cm (21 po) s'accompagne d'une certaine amélioration des rendements, comme l'indique le tableau 2-9, *Incidence de l'espacement des rangs sur le rendement*, sur cette page, bien que cet effet soit moins régulièrement observé que dans les régions plus nordiques. Les espacements de 38 cm (15 po) sont de plus en plus employés parce qu'ils permettent d'employer des taux de semis moindres que les espacements de 19 cm (7,5 po) tout en donnant un excellent potentiel de rendement.

Le tableau 2-10, *Rendements obtenus avec un semoir à céréales de 7,5 po et un semoir de précision*, sur cette page, montre les résultats produits par des peuplements ayant des espacements différents. La baisse de rendement résultant de l'augmentation de l'espacement des rangées est compensée par la plus grande précision du semoir de 38 cm (15 po). Pour des taux de semis très faibles, celui-ci donne de meilleurs résultats que le semoir à céréales.

### Taux de semis

Le soya produit de bons rendements pour une large gamme de taux de semis. Les plants de soya compensent remarquablement bien les variations de peuplement de sorte que les rendements restent comparables. Les semis trop denses représentent un gaspillage d'argent et pourraient même favoriser la verse et les maladies. On devrait donc calculer les taux de semis du soya en graines/hectare (graines/acre) et non en kilogrammes/hectare (livres/acre). Dans la plupart des types de sols, les taux de semis de plus de 494 000 graines/ha (200 000 graines/ac) ne sont aucunement avantageux du point de vue du rendement, comme le montre la figure 2-2, *Effets des taux de semis sur le rendement du soya*, page suivante. Pour maximiser le potentiel de rendement sur des sols lourds argileux ou avec des semences de mauvaise qualité, majorer les taux de semis de 10 %.

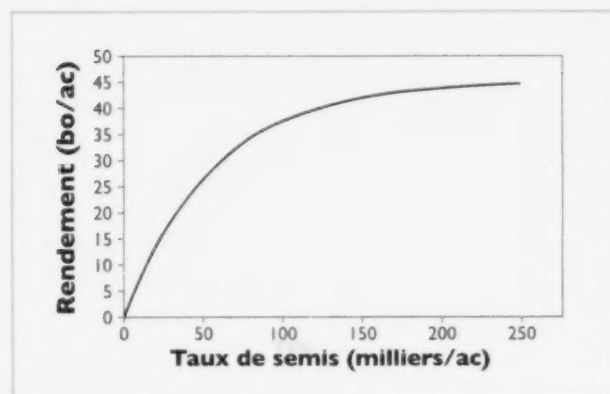


**Tableau 2-11. Taux de semis recommandés pour le soya**

		Largeur des rangs en cm (po)			
		19 (7,5)	38 (15)	56 (22)	76 (30)
		Graines/ha (graines/ac)			
		480 000 (194 000)	437 000 (177 000)	425 000 (172 000)	400 000 (162 000)
		Nombre de graines par m (pi) de rang			
Graines/kg	Graines/lb	9 (2,8)	17 (5,1)	24 (7,2)	30 (9,3)
		Taux de semis en kg/ha (lb/ac) <sup>1</sup>			
4 400	2 000	109 (97)	99 (89)	98 (86)	91 (81)
4 900	2 200	98 (88)	89 (80)	88 (79)	82 (74)
5 300	2 400	91 (81)	82 (74)	82 (72)	76 (68)
5 700	2 600	84 (75)	77 (68)	76 (66)	70 (63)
6 200	2 800	77 (69)	70 (63)	70 (62)	65 (59)
6 600	3 000	73 (65)	66 (59)	65 (58)	61 (54)
7 100	3 200	68 (61)	62 (55)	61 (54)	57 (51)
7 500	3 400	64 (57)	58 (52)	58 (51)	53 (48)

<sup>1</sup> Taux de semis calculés à partir d'un pouvoir germinatif de 90 % et d'une levée de 85 à 90 % (densité de peuplement de 76 à 81 % du taux de semis).

Voir les quantités indiquées au tableau 2-11, *Taux de semis recommandés pour le soya*, sur cette page. Plus les rangs sont espacés, plus le taux de semis requis est bas. Ces chiffres sont valables pour la culture avec travail traditionnel et sans travail du sol. Lorsqu'on utilise un semoir de précision, on peut prévoir un taux de semis de 5 % de moins qu'avec un semoir à céréales. Un taux de levée de 75 à 80 % est considéré comme normal. En Ontario, on obtient un plein rendement avec des densités finales de 309 000 à 370 000 plants/ha (125 000 à 150 000 plants/ac), selon l'écartement des rangs. Augmenter le taux de semis si le pouvoir germinatif ou la vigueur est faible ou sur les sols sujets à l'encroûtement.



**Figure 2-2. Effets des taux de semis sur le rendement du soya**  
Valeurs reflétant les résultats de 45 essais effectués en Ontario, rangs de 38 cm (7,5 po). Source : Earl, Bohner, Université de Guelph, MAAARO (2005-2007).

Porter une attention particulière aux champs sujets à la pourriture à sclérotés; les principaux outils de prévention de cette maladie sont la sélection du cultivar, l'accroissement de l'espace entre les rangs et la réduction de la densité des peuplements. Bien que l'augmentation de l'espacement des rangs et la diminution des taux de semis s'accompagnent d'une certaine perte de rendement les années où il n'y a pas de pourriture à sclérotés, cette stratégie permet de limiter de façon importante la gravité de cette maladie si l'été est humide. Dans les champs sujets à la pourriture à sclérotés, semer des rangs espacés de 38 cm (15 po) ou plus à raison de 370 000 graines/ha (150 000 graines/ac). Dans les champs ayant été gravement touchés par cette maladie, penser à espacer les rangs de 76 cm (30 po).

Pour faire des semis tardifs jusqu'à la mi-juin, augmenter le taux de semis de 10 %. Tous les cultivars réagissent de façon comparable à la modification du taux de semis. Voici la formule de calcul de la quantité de semences à employer :

N<sup>bre</sup> de graines par m (pi) de rang

$$= \frac{\text{N}^{\text{bre}} \text{ de plants souhaité par m (pi) de rang}}{\% \text{ de pouvoir germinatif} \times \% \text{ taux de levée prévu}}$$

Les écarts de grosseur des semences se répercutent sur les taux de semis. Pour chaque cultivar, la taille et la qualité des semences dépendent du déroulement de la croissance et des conditions météorologiques de l'année précédente. En effet, la grosseur des graines d'un même cultivar peut varier de 20 % d'une année à l'autre.



**Tableau 2-12. Effets du traitement des semences sur la densité de peuplement et le rendement du soya**

Traitement des semences <sup>1</sup>	Plants/ha (plants/ac) <sup>2</sup>	Rendement <sup>3</sup> t/ha (bo/ac)
Champ témoin	345 000 (139 700)	3,3 (49,2) b
Fongicide	355 700 (144 000)	3,4 (50,4) a
Fongicide + insecticide	369 500 (149 600)	3,4 (51,2) a

Plus petit écart significatif ( $P = 0,05$ ) = 1,0 bo

Source : Hooker, Bohner, Université de Guelph, MAAARO.

<sup>1</sup> Résultats de 35 essais de traitement des semences en Ontario.

<sup>2</sup> Densité des peuplements mesurée 30 jours après les semis.

<sup>3</sup> Les résultats suivis de la même lettre ne présentent pas d'écart significatif entre eux.

## Traitement des semences

Le traitement des semences permet d'accroître la densité des peuplements et d'améliorer les rendements dans certaines situations. Ce peut être un outil important pour l'établissement d'un peuplement uniforme, notamment dans les cultures sans travail du sol, sur les sols argileux ou dans les champs semés tôt. L'effet obtenu sur les densités et sur les rendements dépend des conditions météorologiques qui suivent les semis et de l'importance de la pression exercée par la maladie et les insectes. À cet effet, 35 essais ont été réalisés en Ontario; dans 23 % des cas, le traitement fongicide-insecticide a permis un accroissement de la densité de peuplement, avec des gains de rendement dans 17 % des cas. Le tableau 2-12, *Effets du traitement des semences sur la densité de peuplement et le rendement du soya*, sur cette page, montre les moyennes des résultats de ces essais. Là où les conditions étaient favorables à une levée rapide et que la pression exercée par la maladie ou les insectes était faible, le traitement des semences n'a produit aucun gain de rendement. Pour plus d'information sur des ravageurs spécifiques et sur les mesures de prévention, voir la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.

## Profondeur de semis

Pour le soya, une profondeur de semis de 3,8 cm (1,5 po) convient généralement. Dans le système sans travail du sol, si les semis ont lieu à une date précoce, on peut ramener cette profondeur à 2,5 cm (1 po) à condition que le sol soit assez humide. Cependant, compte tenu de la quantité d'eau nécessaire à la germination, placer la semence à 1 cm (environ ½ po) de profondeur dans la terre humide, sans dépasser une profondeur totale de 6,4 cm (3 po). Une semence de soya qui vient d'être mise en terre doit traverser le sol en puisant uniquement dans ses propres réserves d'énergie. De façon générale, les graines plus grosses contiennent plus d'énergie que les graines plus petites, et elles peuvent être placées à une plus grande profondeur. Certains semoirs à céréales permettent difficilement de placer les semences avec précision, surtout dans les champs qui ont fait l'objet d'un travail minimal ou d'un semis direct. Pour obtenir la profondeur souhaitée, il peut être utile d'appliquer de la pression sur le semoir, d'y ajouter du poids ou d'utiliser un système de coutre. Il est important d'assurer un bon contact entre la semence et le sol et de bien fermer le sillon. La clé du succès est de semer dans un sol assez

humide à l'aide d'un semoir de précision ou d'un semoir à céréales bien réglé. S'il est impossible de semer dans la terre humide à l'aide d'un semoir à céréales, songer à utiliser un semoir de précision plutôt que d'attendre la pluie.

Les différents cultivars n'ont pas la même capacité de lever après avoir été semés à une profondeur de plus de 5 cm (2 po). Les producteurs de semences communiquent parfois une « cote de levée » ou cote d'élongation de l'hypocotyle, qui reflète la capacité de levée des graines semées plus profondément que d'habitude.

## Roulage

Le roulage permet de conserver l'humidité du sol et de le préparer en vue de la récolte. Cette opération peut contribuer à aplanir le sol et à enfoncer les cailloux, ce qui facilite le travail à la moissonneuse-batteuse. Certains producteurs roulent leurs champs de soya immédiatement après les semis, et d'autres attendent après la levée. Si le roulage a lieu immédiatement après les semis, il améliore le contact entre les graines et le sol, et il a moins de chances d'endommager les plants. Cependant il accroît les risques d'encroûtement, qui nuit à la levée. Dans les champs de soya qui n'ont pas été roulés après une mise en terre effectuée au semoir à céréales, la levée est souvent plus rapide et plus uniforme. Les champs roulés sont plus exposés à l'encroûtement s'il pleut après les semis. Cependant, si le temps est très sec, le roulage favorise la levée parce qu'il conserve mieux l'humidité du sol.

Le roulage des champs de soya après la levée ne provoque pas de diminution des rendements dans les conditions suivantes :

- Si le roulage a lieu pendant les heures chaudes de la journée, lorsque les plants sont peu gonflés d'eau. Les plants de soya sont plus turgescents (rigides) le matin, et ils risquent donc davantage d'être endommagés par le roulage si celui-ci a lieu à ce moment-là;
- Si on laisse les nouvelles plantules atteindre au moins le stade unifolié, parce qu'au moment de la levée, elles sont très fragiles.

## Encroûtement

Après une pluie battante ou la formation de flaques d'eau, l'encroûtement du sol peut nuire à la levée du soya et casser l'hypocotyle (partie du plant qui soutient les cotylédons au-dessus de la surface du sol). Si une croûte tend à se former, on devrait la briser avant que les plantules ne commencent à percer la surface.

Pour ce faire, travailler légèrement le sol avec une houe rotative, une herse, un système de coutre ou même un semoir de précision ou un semoir à céréales afin de faciliter la levée des semences. Habituellement, ces opérations réduisent de 10 % le nombre de plants qui lèvent; cependant les pertes peuvent être plus importantes lorsque l'hypocotyle perce la surface. Il peut ne pas être nécessaire de briser la croûte dans les peuplements clairsemés (p. ex. 60 %), qui ont déjà un plein potentiel de rendement. Pour déterminer le potentiel de rendement, voir le tableau 2-13, *Rendement prévu des peuplements de soya optimaux et réduits*, page suivante.

**Tableau 2-13. Rendement prévu des peuplements de soya optimaux et réduits**

% par rapport à un peuplement complet	Rendement final prévu en % du rendement optimal	Plants par hectare			
		Rangs de 18 cm (7 po)	Rangs de 36 cm (14 po)	Rangs de 53 cm (21 po)	Rangs de 76 cm (30 po)
100	100	553 300	402 600	392 700	405 100
80	100	442 100	323 600	313 700	323 600
60	100	331 000	242 100	237 100	244 500
40	87	222 300	160 600	158 100	163 000
20	62	111 200	81 500	79 000	81 500

**Pour calculer le nombre de plants par acre, diviser par 2,47 le nombre de plants à l'hectare.**

Source : Université de Guelph, station de recherches de Huron et collège de Kemptonville

### Décisions concernant la reprise des semis

Le soya est plus sujet à un mauvais établissement des semis que le maïs ou le blé parce que pour pouvoir lever, la plantule doit tirer les feuilles des cotylédons à travers le sol. Il peut être difficile de savoir si la reprise des semis d'une culture mal en point est justifiée. À cet égard, l'une des principales complications est que la diminution des peuplements est rarement uniforme, de sorte que plusieurs parties d'un même champ peuvent devoir être traitées différemment. Ne pas évaluer trop rapidement un peuplement de soya en mauvais état parce que d'autres plantules peuvent lever plus tard. Si le nombre de plants est réduit de 50 %, la reprise des semis n'est pas nécessaire dans la mesure où les pertes sont uniformes et le peuplement restant en bonne santé. De nombreuses études, tout comme l'expérience acquise, ont montré qu'il est souvent beaucoup plus avantageux de conserver un peuplement existant que d'effectuer une reprise des semis qui, par ailleurs, ne garantit pas un peuplement parfait.

Chaque décision de reprise des semis doit être prise en fonction de divers paramètres relatifs au champ en question, notamment :

- La densité et la santé du peuplement existant : le taux de semis recommandé comprend une marge de sécurité visant à assurer la levée d'un peuplement acceptable.
- La cause de la diminution de la densité de peuplement : plusieurs facteurs peuvent être en cause, notamment l'encroûtement, les dommages causés par les herbicides, le gel, la grêle, les insectes et les maladies. Par exemple, lors d'une année pluvieuse, il y a de fortes chances de fonte des semis due à deux genres de champignons, *Pythium* et *Phytophthora*; dans ce cas, s'il faut reprendre les semis, choisir un cultivar résistant à *Phytophthora* et traiter les semences.
- L'uniformité du peuplement restant.
- Le potentiel de rendement du peuplement existant par rapport à celui d'un peuplement réensemencé. Ce potentiel commence à diminuer après la date de semis optimale et il continue de décroître pendant tout le mois de juin.
- Les coûts de la reprise des semis et éventuellement les coûts supplémentaires liés à la lutte contre les mauvaises herbes dans les peuplements clairsemés.

### Compensation et espacement des plants (vides)

Les plants de soya ont une remarquable capacité de compensation dans les peuplements clairsemés. En effet, ils peuvent combler des vides atteignant 30 cm (12 po) environ, à l'intérieur des rangs ou entre ceux-ci, sans diminution du rendement, à condition que les mauvaises herbes n'exercent pas une concurrence pour occuper cet espace. D'après des études effectuées en Ontario, une réduction de 33 % des plants d'un peuplement, si elle est uniforme, n'a aucune incidence significative sur le rendement.

Cependant, dans un peuplement clairsemé, les plants se ramifient considérablement, ce qui les alourdit et les rend moins résistants à la verse. Les plants ramifiés tendent à produire plus de gousses près du sol, ce qui peut accentuer légèrement les pertes de récolte. Lors d'essais effectués sur des peuplements clairsemés, la verse n'est apparue que lorsque la densité avait chuté à moins de 60 % d'un peuplement complet.

### Évaluation des réductions de peuplement

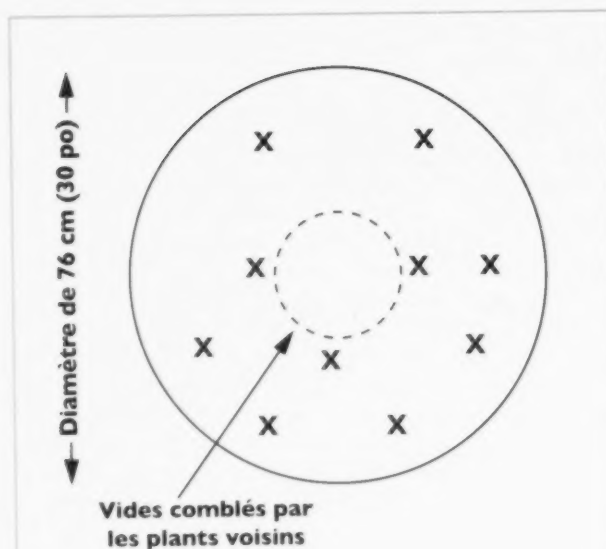
Faire une évaluation précise de la densité de peuplement, de l'espacement et de la santé des plants qui restent. En ce qui concerne la densité, voir la méthode qui est présentée à l'annexe K, *Détermination de la densité de peuplement de la culture et des populations de ravageurs à l'aide d'un « cerceau »*, p. 268.

Le tableau 2-13, *Rendement prévu des peuplements de soya optimaux et réduits*, sur cette page, montre une estimation du potentiel de rendement par rapport à un peuplement complet, d'après des recherches effectuées en Ontario. À noter que ces chiffres reflètent le nombre de plants sains qui restent dans un peuplement clairsemé de densité uniforme et non soumis à la concurrence des mauvaises herbes.

Sur la plupart des types de sols, ne pas ressemer si la densité du peuplement est supérieure à 222 000 plants/ha (90 000 plants/ac) avec des rangs espacés de 19 cm (7,5 po). Sur les sols argileux très lourds, la reprise des semis n'est justifiée que si la densité est inférieure à 250 000 plants/ha (100 000 plants/ac).

### Calcul des bénéfices après une reprise des semis

- Évaluer le rendement d'un peuplement complet semé à la première date.
- Mesurer la densité du peuplement existant; pour ce faire, voir la méthode du cerceau qui est présentée à l'annexe K, *Détermination de la densité de peuplement de la culture et des populations de ravageurs à l'aide d'un « cerceau »*, p. 268.
- Évaluer le potentiel de rendement du peuplement réduit, voir le tableau 2-13, sur cette page.
- Évaluer le potentiel de rendement du peuplement complet réensemencé; le retard des semis entraîne une diminution du potentiel de rendement. Voir le tableau 2-7, *Effet des dates de semis sur le rendement et la hauteur des plants*, p. 36.
- Évaluer le coût de la reprise des semis.
- Comparer la valeur du peuplement réduit à celle du peuplement complet réensemencé (voir la figure 2-3, *Champ à peuplement réduit*, page en regard).



### Exemple

On évalue qu'un champ ensemencé le 12 mai aurait un potentiel de rendement de 45 bo/ac si le peuplement était complet. Le 6 juin, un peuplement réduit semé en pleine surface (espacements de 18 cm [7 po]) a une densité moyenne de 222 220 plants/ha (90 000 plants/ac); son potentiel de rendement est donc de 87 % du peuplement complet (39 bo/ac) (tableau 2-13). Si on reprend les semis à une date plus tardive, soit le 6 juin, le rendement prévu sera d'environ 38 bo/ac (45 bo  $\times$  85 %, d'après le tableau 2-7). Dans ce cas, la reprise des semis ne serait donc pas justifiée.

Figure 2-3. Champ à peuplement réduit

### Semis ponctuel

Dans le cas d'un établissement médiocre, un nouveau semis effectué entre les plantules déjà établies pour compléter ou épaissir le peuplement existant a peu de chances d'amener une amélioration du rendement, à moins que le peuplement soit très tenu. Si l'on prévoit de compléter la culture, employer le même cultivar et ne pas détruire le peuplement déjà en place. En effet, cette méthode de réparation entraîne souvent des problèmes de choix du moment des activités de lutte contre les mauvaises herbes et de récolte.

### Croissance des plants

Le tableau 2-14, *Stades végétatifs du soya*, page suivante, et le tableau 2-15, *Stades reproductifs du soya*, p. 43, indiquent les stades de croissance des plants, de la levée à la pleine maturité.

Dans la croissance du soya, on distingue les stades végétatifs (V) (feuilles et nœuds) et stades reproductifs (R) (fleurs, gousses et graines). On désigne les stades V selon le nombre de nœuds présents sur la tige principale et portant des feuilles pleinement

développées, en commençant par les feuilles unifoliées. On considère qu'une feuille est pleinement développée si les folioles portées par le nœud suivant sont assez déroulées pour que leurs bords ne se touchent plus. Par exemple, au stade V1, les feuilles unifoliées sont entièrement développées, c'est-à-dire que la feuille située au-dessus (première feuille trifoliée) est déroulée; c'est pourquoi on désigne souvent ce stade comme étant celui de la « première feuille trifoliée ». Le nœud est le point où la feuille est ou était attachée à la tige. Pour déterminer les stades V, on ne compte pas les feuilles trifoliées situées sur les branches.

Les deux premières feuilles du plant de soya sont unifoliées (une seule foliole chacune) et opposées; elles se forment au niveau du premier nœud, au-dessus des cotylédons. Les feuilles suivantes sont trifoliées (trois folioles chacune) et alternes. Après l'apparition de deux ou trois feuilles trifoliées, les nodosités, indispensables à la fixation de l'azote atmosphérique, apparaissent sur les racines.







Si on sème les plants de soya à la date optimale, ils forment de cinq à sept feuilles trifoliées avant le début de la floraison, qui est principalement déclenchée par les changements de longueur des jours et de température. Cependant les cultivars très précoces sont presque insensibles à la longueur des jours et leur floraison dépend essentiellement du nombre d'unités de chaleur accumulées. Ceux qui sont plus tardifs sont davantage influencés par la longueur du jour; les cultivars de pleine saison mettent donc moins de temps à arriver à maturité s'ils sont semés tard que s'ils sont semés tôt.

### Germination et levée

La germination débute lorsque la graine absorbe l'humidité du sol et atteint une teneur en eau d'environ 50 %. Le premier signe externe de germination est l'apparition de la racine (racine séminale), qui pousse vers le bas et s'ancre dans le sol. Peu après, l'hypocotyle (partie de la tige située au-dessus de la racine) commence à pousser vers le haut en entraînant les cotylédons (feuilles séminales). Une fois levé, l'hypocotyle, en forme de crochet, se redresse, les cotylédons se replient vers le bas et le point végétatif est exposé au soleil. Normalement, la levée se produit de 5 à 21 jours après le semis, selon l'humidité et la température du sol ainsi que la profondeur des semis.

En Ontario, la plupart des cultivars de soya commerciaux sont indéterminés, c'est-à-dire qu'ils continuent de croître et de produire de nouvelles feuilles après le début de la floraison. Les grands cultivars à croissance déterminée atteignent leur hauteur maximale avant le début de la floraison, qui est de courte durée. En général, les gousses les plus basses des grands cultivars déterminés sont plus hautes que celles des cultivars indéterminés.

**Tableau 2-14. Stades végétatifs du soya**  
(Les stades V ne sont pas tous représentés.)

						
<b>Symbole<sup>1</sup></b>	VE	VC	V1	V3	V5	Vn
<b>Stade</b>	Levée	Feuille unifoliée	Première feuille trifoliée	Troisième feuille trifoliée	Cinquième feuille trifoliée	Énième feuille trifoliée
<b>N<sup>bre</sup> de feuilles trifoliées</b>	0	0	1	3	5	n
<b>N<sup>bre</sup> de jours pour atteindre ce stade<sup>2</sup></b>	12	5	Env. 5 jours par feuille trifoliée pleinement développée			Env. 3 jours par feuille trifoliée (V6-Vn)
<b>Durée du stade en jours<sup>3</sup></b>	5-21	3-10	3-10	3-10	3-10	
<b>Remarques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les plantules sortent de terre et les cotylédons sont au-dessus de la surface.</li> <li>L'encroûtement peut nuire à la levée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'hypocotyle se redresse et les cotylédons s'ouvrent.</li> <li>Les feuilles unifoliées se déroulent et leurs bords ne se touchent plus.</li> <li>Le point végétatif est au-dessus de la surface du sol.</li> <li>La gelée peut tuer le plant.</li> <li>Si la tige est sectionnée en dessous des cotylédons, le plant meurt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La première feuille trifoliée est apparue et s'est déroulée (on considère que les feuilles unifoliées sont pleinement développées.)</li> <li>Début de la période critique de lutte contre les mauvaises herbes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trois feuilles trifoliées sont apparues et se sont déroulées (trois nœuds de la tige principale portent des feuilles pleinement développées, y compris les feuilles unifoliées).</li> <li>Fin de la période critique de lutte contre les mauvaises herbes.</li> <li>La fixation de l'azote a débuté.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cinq feuilles trifoliées sont apparues et se sont déroulées (cinq nœuds de la tige principale portent des feuilles pleinement développées, y compris les feuilles unifoliées).</li> <li>La perte de 50 % des feuilles a peu d'incidence sur le rendement final.</li> <li>Les cultivars de soya hâtifs entament le stade R1 vers le stade V4.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>n = nombre de nœuds présents sur la tige principale et portant des feuilles pleinement développées, en commençant par la feuille unifoliée.</li> <li>Le nombre de nœuds est lié à la cote de maturité, à la date de semis et aux conditions climatiques.</li> </ul>

<sup>1</sup> Le symbole V désigne les stades végétatifs du soya. Vn : n est le nombre de nœuds présents sur la tige principale et portant des feuilles pleinement développées, en commençant par les feuilles unifoliées. On considère qu'une feuille est pleinement développée si celle qui est portée par le nœud suivant (situé au-dessus) est déroulée.

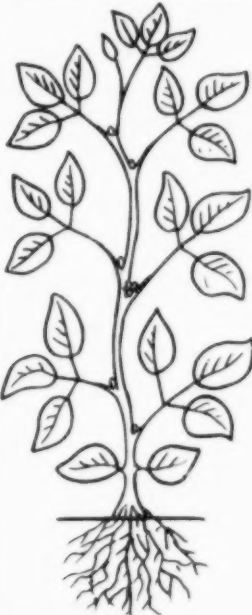
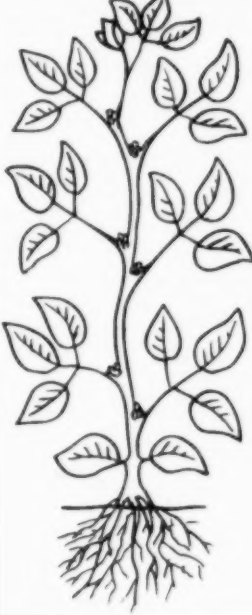

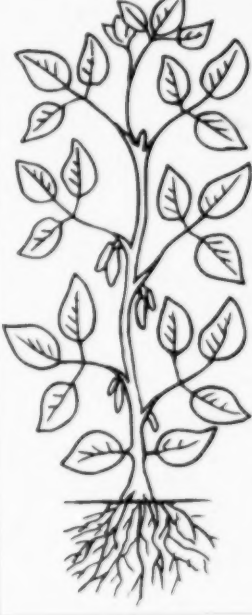
<sup>2</sup> Estimation du nombre de jours requis pour passer d'un stade au suivant.

<sup>3</sup> Estimation du nombre de jours passés à un stade de croissance donné; il dépend de la date de semis, de la cote de maturité et des conditions climatiques, et il peut varier considérablement d'une saison à l'autre et au cours d'une même saison.



**Tableau 2-15. Stades reproductifs du soya**

Chaque stade végétatif (V) ou reproductif (R) est atteint lorsqu'au moins 50 % des plants d'un même champ sont parvenus à ce stade ou l'ont dépassé.

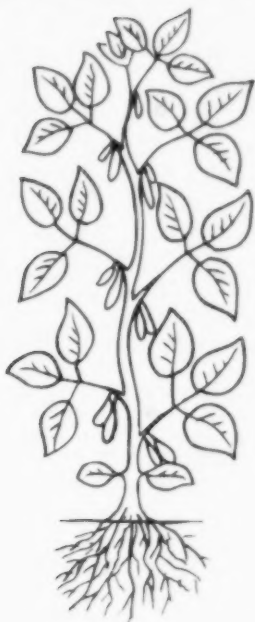
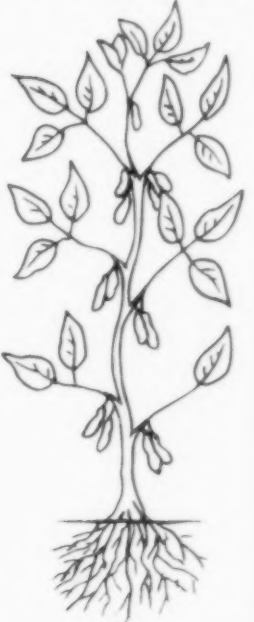


				
<b>Stade R<sup>1</sup></b>	<b>R1 – Début de la floraison</b> Une fleur épanouie à n'importe quel nœud de la tige principale.	<b>R2 – Pleine floraison</b> Fleur ouverte à l'un des deux plus hauts nœuds de la tige principale.	<b>R3 – Premières gousses</b> Gousses courtes visibles sur les quatre nœuds les plus hauts de la tige principale qui portent des feuilles pleinement développées.	<b>R4 – Remplissage des gousses</b> Gousses de 2 cm (3/4 po) de long sur les 4 nœuds les plus hauts de la tige principale.
<b>Événement cible</b>	Floraison	Floraison	Développement des gousses	Développement des gousses
<b>Remarques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Floraison déclenchée par le changement de la longueur des journées et de la température.</li> <li>• La première fleur apparaît au cinquième nœud (V4), puis les autres ailleurs sur la tige.</li> <li>• Les racines s'allongent plus rapidement.</li> <li>• Une chaleur extrême (plus de 32 °C) peut ralentir la croissance des plants, la floraison et le développement des gousses.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 % de la hauteur et du poids sec accumulé.</li> <li>• Normalement, le stress n'affecte pas le rendement.</li> <li>• La fixation de l'azote augmente rapidement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deux à trois graines par gousse.</li> <li>• Pic de floraison.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entre R4 et R6, l'apparition d'un stress peut entraîner des pertes de rendement importantes.</li> </ul>

<sup>1</sup> Le symbole R désigne les divers stades reproductifs du soya.



**Tableau 2-15. Stades reproductifs du soja**

Chaque stade végétatif (V) ou reproductif (R) est atteint lorsqu'au moins 50 % des plants d'un même champ sont parvenus à ce stade ou l'ont dépassé.

				
<b>Stade R<sup>1</sup></b>	<b>R5 – Premières graines</b> Dans les 4 gousses les plus hautes, graines de 0,3 cm de longueur.	<b>R6 – Grossissement des graines</b> Dans les quatre gousses les plus hautes, les graines remplissent la cavité.	<b>R7 – Début de la période de maturité</b> L'une des gousses de la tige principale est brune.	<b>R8 – Maturité</b> 95 % des gousses sont brunes.
<b>Événement cible</b>	Développement des graines	Développement des graines	Maturité des plants	Maturité des plants
<b>Remarques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Floraison complète, sauf sur quelques branches.</li> <li>• Les plants ont atteint leur maximum de hauteur, de nombre de nœuds et de surface foliaire.</li> <li>• Le taux de fixation de l'azote atteint son maximum et commence à diminuer.</li> <li>• Absorption rapide de nutriments et redistribution aux gousses.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les gousses ont atteint leur longueur maximale.</li> <li>• La croissance des racines ralentit de façon importante.</li> <li>• Le gain de poids sec au-dessus du sol ralentit.</li> <li>• Les feuilles commencent à jaunir rapidement.</li> <li>• Les feuilles du bas commencent à tomber.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La teneur en eau des graines commence à diminuer.</li> <li>• Les plants ont atteint leur maturité physiologique et leur poids sec maximal.</li> <li>• La teneur en eau des graines est d'environ 60 %.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teneur en eau pour la récolte atteinte une à deux semaines après R8.</li> </ul>

<sup>1</sup> Le symbole R désigne les divers stades reproductifs du soja.

## Gestion de la fertilisation

### Azote

Les cultures de soja n'ont généralement pas besoin d'engrais azotés (voir *Inoculation*, p. 35). Les recherches effectuées sur l'épandage d'engrais azotés au moment des semis montrent que l'azote, même en petites quantités, peut retarder l'activité de fixation par les nodosités.

Si les nodosités ne se forment pas et que les plants de soja sont vert pâle et souffrent d'une carence en azote, on recommande d'appliquer 50 kg d'azote/ha à l'apparition de la première fleur, sous forme d'urée ou de nitrate d'ammonium et de calcium, lorsque la surface du feuillage est sèche.

### Phosphate et potasse

Les recommandations relatives à ces deux éléments dans les cultures de soja figurent au tableau 2-16, *Doses de phosphate et de potasse recommandées pour le soja d'après les analyses de sol reconnues par le MAAIRO*, page en regard. À l'occasion, une carence en potassium se manifeste sous la forme d'un jaunissement ou d'un brunissement du pourtour des feuilles les plus vieilles (voir planche 14, p. 281).

Pour plus d'information sur les analyses de sol ou les recommandations connexes, voir *Recommandations d'engrais*, p. 158.

**Tableau 2-16.** Doses de phosphate et de potasse recommandées pour le soya d'après les analyses de sol reconnues par le MAAARO

Teneur en phosphore (ppm) évaluée au bicarbonate de sodium	Cote <sup>1</sup>	Quantité de phosphate <sup>2</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) à appliquer (kg/ha)	Teneur en potassium (ppm) évaluée à l'acétate d'ammonium	Cote	Quantité de potassium <sup>2</sup> (K <sub>2</sub> O) à appliquer (kg/ha)
0-3	RÉ	80	0-15	RÉ	120
4-5		60	16-30		110
6-7		50	31-45		90
8-9		40	46-60		80
10-12	RM	30	61-80	RM	60
13-15		20	81-100		40
16-30	RF	0	101-120		30
31-60	RTF	0	121-150	RF	0
61+	RN <sup>3</sup>	0	151-250	RTF	0
			251+	RN <sup>3</sup>	0

100 kg/ha = 90 bo/ac

<sup>1</sup> RÉ, RM, RF, RTF et RN indiquent la probabilité que fertilisation soit rentable, à savoir respectivement : probabilité de rentabilité élevée, moyenne, faible, très faible et nulle. L'épandage d'éléments nutritifs est rentable lorsque l'accroissement de la valeur de la récolte créé par le gain de rendement ou de qualité dépasse le coût d'application de l'élément nutritif en question.

<sup>2</sup> Lorsqu'on épand du fumier, réduire la dose d'engrais selon le volume et la qualité du fumier (voir *Fumier*, p. 144). Exemple d'épandage d'engrais : Dans un champ de soya sans épandage de fumier où les teneurs en phosphore et en potassium sont respectivement de 9 ppm et de 85 ppm, les besoins sont évalués à 40 kg de phosphate et 40 kg de potasse/ha. Cet apport peut être fait par épandage à la volée ou en bandes de 200 kg d'engrais 0-20-20/ha.

<sup>3</sup> Lorsque l'analyse du sol donne une cote RN, tout apport de cet élément sous forme d'engrais ou de fumier peut entraîner une diminution du rendement ou de la qualité de la récolte. La surfertilisation avec du phosphate peut augmenter le risque de pollution de l'eau. Un apport de potasse peut causer une carence en magnésium dans les sols pauvres en cet élément.

## Méthodes d'application

L'engrais ne doit pas entrer en contact avec les semences de soya parce qu'il contient des sels qui peuvent les endommager. Le rendement du soya, contrairement à celui du maïs, ne bénéficie pas d'une telle pratique. L'engrais peut être épandu à la volée, puis enfoui, ou incorporé au sol, à l'automne ou au printemps. On peut aussi le placer à une distance de 5 cm (2 po) à côté de la semence et de 5 cm (2 po) au-dessous de celle-ci, au moyen d'un semoir de précision équipé d'un outil spécialement conçu pour la fertilisation. Pour plus d'information, voir le tableau 9-21.

*Doses maximales sûres des éléments nutritifs*, p. 176.

## Analyse des tissus végétaux

Pour le soya, on recommande de prélever la feuille la plus haute entièrement développée (trois folioles et la tige) au début de la floraison. Voir le tableau 2-17, *Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour le soya*, sur cette page. Si l'échantillonnage n'a pas lieu au début de la floraison, prélever des échantillons provenant de parties du champ qui sont saines et de parties touchées pour permettre des comparaisons. À l'échantillon de tissu végétal, joindre un échantillon de sol prélevé au même endroit et en même temps.

## Oligo-éléments

### Manganèse

Le manganèse est le seul oligo-élément pour lequel une carence a été signalée dans les cultures de soya en Ontario, mais on peut s'attendre à l'apparition de carences en zinc à l'avenir sur les terres où le sol de surface a été emporté par l'érosion.

Lorsqu'il y a carence en manganèse, les feuilles supérieures deviennent vert pâle (carence légère) ou presque blanches (carence prononcée), bien que les nervures restent vertes (planche 15, p. 281). Les analyses de sol et de tissus permettent également de prédire à quels endroits des carences en manganèse sont susceptibles de se produire. On peut les commander aux laboratoires accrédités par le MAAARO dont la liste figure à l'annexe C, *Laboratoires accrédités pour les analyses de sol en Ontario*, p. 260.

**Tableau 2-17.** Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour le soya

Élément nutritif	Unité	Concentration critique <sup>1</sup>	Concentration normale maximale <sup>2</sup>
Azote (N)	%	4,0	6,0
Phosphore (P)	%	0,35	0,5
Potassium (K)	%	2,0	3,0
Calcium (Ca)	%	—	3,0
Magnésium (Mg)	%	0,10	1,0
Bore (B)	ppm	20,0	55,0
Cuivre (Cu)	ppm	4,0	30,0
Manganèse (Mn)	ppm	14,0	100,0
Molybdène (Mo)	ppm	0,5	5,0
Zinc (Zn)	ppm	12,0	80,0

Ces valeurs se rapportent à la feuille pleinement développée la plus haute (trois folioles plus tige) au moment de l'apparition de la première fleur.

<sup>1</sup> On prévoit une perte de rendement due à une carence lorsque la concentration de l'élément nutritif devient égale ou inférieure à la valeur critique.

<sup>2</sup> Les concentrations normales maximales sont plus que suffisantes mais ne causent pas nécessairement de toxicité.

Pour corriger cette carence, pulvériser sur les feuilles 2 kg de manganèse élémentaire/ha (soit 8 kg de sulfate de manganèse) dans 200 L d'eau. On recommande d'ajouter un mouillant-adhésif à la bouillie. Si la carence est grave, une deuxième pulvérisation peut être souhaitable.

**Avertissement :** Avant la pulvérisation d'oligo-éléments, pour éviter d'endommager la culture, il est indispensable de nettoyer le réservoir du pulvérisateur si celui-ci a servi à l'épandage d'herbicides. Pour plus de détails, voir le chapitre 12, *Lutte contre les mauvaises herbes*.

L'épandage de manganèse sur le sol n'est pas recommandé, quelle qu'en soit la source, car il en faudrait alors de grandes quantités. De plus, les applications de manganèse chélaté au sol réduisent le rendement.

En général, le soya réagit bien à un apport de manganèse dans les parties du champ où la carence est évidente. Sur des cultures de soya qui ne manifestent aucun symptôme de carence, l'application de manganèse ne présente aucun avantage.

## Récolte et entreposage

### Limitier les pertes de récolte

Les cultures de soya sont moissonnées directement, de préférence au moyen d'une moissonneuse-batteuse munie d'une barre de coupe flottante flexible et d'un tablier automatique réglable. On peut récolter le soya lorsque sa teneur en eau est inférieure à 20 %; cependant, on ne doit l'entreposer que lorsque celle-ci est de 14 % ou moins.

Les pertes de récolte et les dommages mécaniques peuvent être importants si le soya est récolté à une teneur en eau inférieure à 12 %. La perte de seulement 4 grains/900 cm<sup>2</sup> (4 grains/pi<sup>2</sup>) représente un total de 67 kg/ha (1 bo/ac). On peut réduire les pertes de cette nature en maintenant la vitesse d'avancement entre 4 et 5 km/h. Régler la vitesse du rabatteur selon l'état des cultures.

On peut se servir d'une barre de coupe flottante pour couper les plants de soya plus près du sol. Ajuster la soufflerie pour fournir le plus d'air possible sans envoyer les gousses dans l'élévateur de retour ou derrière la moissonneuse-batteuse. Régler la grille supérieure pour permettre à la soufflerie de séparer les gousses et la paille; ajuster le crible pour ne laisser passer que les graines de soya. Pendant toute la journée, modifier les réglages de la grille supérieure et du crible en fonction des conditions météorologiques et de l'état de la récolte.

L'entretien du tablier revêt une grande importance parce que c'est là que surviennent la plupart des pertes. La barre de coupe doit être bien affûtée et les couteaux doivent bien entrer en contact avec les doigts pour permettre une coupe rapide et l'entrée immédiate des parties coupées dans le dispositif. Ajouter des courroies sur le rabatteur à battes ou utiliser un rabatteur à soufflerie pour charger rapidement les plants courts.

Si le tablier ne réussit pas à couper tous les plants :

- vérifier les couteaux et les doigts;
- songer à réduire la vitesse d'avancement.

## Qualité et préservation de l'identité

### Avant la récolte

Si le soya est destiné à un marché à identité préservée, prendre les dispositions nécessaires pour éviter la perte de qualité, dont les principales causes sont les taches et les dommages mécaniques. Ces derniers peuvent entraîner le rejet d'un chargement complet. Les taches peuvent être causées par des mauvaises herbes, des graines immatures, la saleté et la poussière. Avant la récolte, nettoyer de fond en comble les moissonneuses-batteuses, les camions, les remorques ainsi que les silos et autres dispositifs de manutention afin de prévenir toute contamination. Examiner les champs pour y rechercher les plants indésirables et les repousses spontanées (p. ex. maïs), vérifier que les rangs situés le long des clôtures et des routes ne contiennent aucun morceau de verre, de métal, de poteau ou autre. Pour éviter les taches vertes sur les graines, avant de récolter, attendre que les tiges de soya et les mauvaises herbes soient tout à fait sèches. Arracher les mauvaises herbes telles que la morelle noire de l'Est et le raisin d'Amérique avant la récolte, ou demander à l'opérateur de la moissonneuse-batteuse d'éviter les zones envahies par ces espèces.

### Récolte et entreposage

Pour récolter une variété à identité préservée autre que celle qui a été récoltée en dernier, il est préférable de nettoyer la moissonneuse-batteuse de fond en comble pour éliminer les graines qui y sont coincées. Une autre méthode, qui est cependant moins efficace, consiste à récolter séparément une petite superficie de la variété à identité préservée et de traiter le produit comme étant rejeté. Cet échantillon peut servir à vérifier la teneur en eau de la culture et le réglage de la moissonneuse-batteuse. Voici quelques autres conseils concernant les opérations de récolte :

- Superviser les moissonneurs contractuels pour s'assurer que leur équipement est prêt.
- Conserver une copie du contrat de soya à identité préservée afin de respecter les consignes de qualité au moment de la récolte; commencer la récolte plus tard dans la journée et la terminer plus tôt que pour les autres variétés, principalement pour éviter de tacher les graines. Il est très difficile de nettoyer une moissonneuse-batteuse qui a été contaminée.
- De préférence, récolter lorsque la teneur en eau est d'environ 14 %, ce qui permet d'effectuer le séchage à l'air ambiant. Faire la récolte du soya quand sa teneur en eau est d'au moins 12 %, et le manipuler soigneusement pour empêcher le tégument de fendiller.
- Au cours de la journée, régler la moissonneuse-batteuse au fur et à mesure que les conditions de récolte évoluent; les réglages effectués dans le but de réduire les dommages mécaniques peuvent accroître la quantité d'impuretés, mais ces pertes sont largement compensées par les primes offertes aux producteurs.

- Entreposer les soya à identité préservée dans des silos distincts des autres cultivars et des autres grains et oléagineux.

Si le soya est cultivé en vertu d'un contrat signé, toutes ces exigences sont exposées dans ce document. Avec ou sans contrat, tout manquement peut entraîner une réduction des primes.

## Séchage du soya

### Séchoirs à grains

À la ferme, il existe trois principaux types de séchoirs à grains :

- cellules sèches;
- séchoirs discontinus;
- séchoirs continus.

Ces trois grandes catégories de séchoirs comprennent différentes sous-catégories. Aucun système n'est supérieur aux autres en tout point, et le choix dépend donc des caractéristiques recherchées : capacité de séchage, qualité des grains, efficacité énergétique ou de séchage (BTU/lb d'eau retirée), caractère pratique, main-d'œuvre nécessaire, possibilité de sécher divers types de cultures, entretien nécessaire et investissement.

Tous les séchoirs font circuler, à travers la masse de grains, de l'air chauffé qui fait évaporer l'humidité et l'évacue. Le chauffage de l'air réduit son humidité relative et accroît son pouvoir d'absorption de l'humidité des grains. Les grains humides peuvent être séchés avec de l'air plus chaud parce que l'évaporation de l'eau qu'elles contiennent les refroidit; elles s'approchent alors graduellement de la température de l'air de séchage. Plus les grains demeurent longtemps en contact avec l'air chaud, plus elles deviennent sèches et chaudes.

### Séchage du soya à l'air chaud et à l'air froid

On récolte parfois le soya à une teneur en eau plus élevée en raison d'un temps pluvieux, ou à une date plus précoce que d'habitude pour limiter les pertes. Il est possible d'adapter toutes les méthodes de séchage au soya si l'on suit certaines règles sur l'utilisation de la chaleur et les pratiques de manutention.

Faire preuve de prudence quand on utilise de l'air chaud pour sécher du soya dont la teneur en eau est plus élevée que la valeur recommandée pour un entreposage sûr à long terme. Maintenir le degré d'humidité relative de l'air de séchage au-dessus de 40 % afin d'empêcher le tégument de fendiller. L'expérience montre que 100 % des grains se fendillent après seulement cinq minutes d'exposition à une température trop élevée. Dans la majorité des cas, pour le soya, on recommande une température de séchage maximale de 55 à 60 °C. Si les conditions atmosphériques sont favorables, on peut devoir réduire cette température pour éviter ce phénomène. Pour évaluer l'effet du séchage, vérifier le nombre de grains fendillés avant et après l'opération.

Le soya de semence doit être séché à une température inférieure à 40 °C, et l'opération ne devrait être entreprise que par des personnes ayant plusieurs années d'expérience. Certains fournisseurs de soya de semence désapprouvent toute utilisation de chaleur dans le conditionnement de ce type de produit. Communiquer avec l'entreprise qui achètera la semence pour connaître la méthode qu'elle préconise.

Pour ce qui est des cellules sèches, faire preuve de prudence si on utilise un système équipé d'un dispositif de brassage qui fait circuler les grains dans le silo. La manutention peut causer des dommages considérables, notamment si la teneur en eau chute à 12 %.

### Séchage à l'air ambiant

Le soya gourd peut être séché à l'air ambiant si les conditions s'y prêtent. Le séchage à l'air ambiant exige une gestion soignée de la part de l'opérateur parce que le soya absorbe et perd de l'humidité facilement. Ne faire fonctionner le ventilateur que lorsque les conditions extérieures sont propices au séchage. Ne pas le laisser en marche 24 heures sur 24 parce que les grains absorberaient à nouveau de l'humidité la nuit, ce qui annulerait les progrès réalisés pendant la journée.

### Exigences minimales pour le séchage du soya à l'air ambiant

- plancher d'aération complet dans la cellule de stockage;
- surface nivelée dans toute la cellule de stockage;
- débit d'air d'au moins 6,5 L/sec/m<sup>3</sup> (0,5 pi<sup>3</sup>/min/bo), ou plus de préférence;
- grains propres (sans gousses ni accumulation de particules fines);
- mesure précise de la teneur en eau des grains dans la cellule de stockage;
- mesure précise de la température de l'air et de l'humidité relative à l'extérieur;
- compréhension de la teneur en eau à l'équilibre du soya;
- ventilateur commandé par un interrupteur.

Il faut un faux fond entièrement perforé pour permettre à l'air de circuler de façon uniforme dans tout le contenu de la cellule; avec un faux fond partiellement perforé ou un réseau de conduits d'air, il reste des zones mortes et, éventuellement, des risques d'altération. Les gousses, les déchets et les accumulations de particules fines empêchent ou dévient la circulation de l'air. L'air qui circule dans la masse de soya suit le chemin offrant le moins de résistance.

### Détermination du débit d'air

Il faut un débit suffisant pour faire passer l'air de séchage dans toute la masse de soya. Pour éliminer l'humidité, il doit être au moins de 6,5 L/sec/m<sup>3</sup> (0,5 pi<sup>3</sup>/min/bo). Un débit inférieur à cette valeur aura un effet sur la température et non sur la teneur en eau du soya; un débit, plus élevé, de 26 L/sec/m<sup>3</sup> (2 pi<sup>3</sup>/min/bo) ou plus, permet simplement d'arriver plus



**Tableau 2-18.** Teneur en eau à l'équilibre (% à l'état humide) du soya exposé à l'air

Température (°C)	Humidité relative (%)				
	50	60	70	80	90
0	10,0	11,8	13,7	16,2	19,8
5	9,8	11,5	13,5	15,9	19,6
10	9,5	11,2	13,2	15,7	19,4
15	9,2	11,0	13,0	15,5	19,2
20	9,0	10,7	12,8	15,2	19,0
25	8,7	10,5	12,5	15,0	18,8

rapidement au résultat souhaité. Pour calculer le débit d'air nécessaire dans une cellule de stockage donnée en  $\text{pi}^3/\text{min}/\text{bo}$ , trouver la capacité de la cellule en boisseaux et la pression statique qui s'oppose à l'action du ventilateur. Il suffit d'un simple manomètre relié à la chambre de répartition d'air chaud située sous le plancher perforé pour mesurer la pression statique en pouces de colonne d'eau (voir la figure 11-1, *Manomètre de fabrication artisanale*, p. 183). À partir de la courbe de rendement du ventilateur, calculer son débit à la pression statique mesurée. Pour connaître le débit voulu en  $\text{pi}^3/\text{min}/\text{bo}$ , diviser le débit du ventilateur en  $\text{pi}^3/\text{min}$  par le nombre de boisseaux de la cellule de stockage. Pour obtenir un débit suffisant, on peut aussi ne remplir la cellule que partiellement; ainsi le ventilateur devra vaincre une pression statique moins importante et donnera un débit d'air par boisseau plus élevé.

### Teneur en eau à l'équilibre

Des chercheurs ont mis au point des tableaux qui indiquent la teneur en eau finale des graines de soya exposées à l'air à une température et à une humidité relative données (voir le tableau 2-18, *Teneur en eau à l'équilibre (% à l'état humide) du soya exposé à l'air*, sur cette page). Par exemple, pour connaître la teneur en eau à l'équilibre du soya exposé à l'air extérieur à 10 °C et à 70 % d'humidité relative, trouver l'intersection de la rangée et de la colonne correspondantes. La valeur indiquée à cet endroit (13,2 %) est la teneur en humidité minimale que le soya atteindra à terme.

### Mesure du taux d'humidité relative

Il n'est pas toujours facile de mesurer avec précision le taux d'humidité relative de l'air extérieur. Dans certains cas, elle peut être communiquée par une station météorologique de la région. Cependant, il est important de savoir si la mesure publiée par cette station reflète bien les conditions qui prévalent à l'endroit où l'on se trouve. Pour sécher le soya à l'air, il faut connaître avec précision le taux d'humidité relative de l'air extérieur. Pour le séchage à l'air du soya gouré, ne pas utiliser un hygromètre domestique, ce type d'appareil n'étant généralement pas assez précis; à cette fin, on recommande l'achat d'un psychromètre fronde ou un hygromètre de bonne qualité.

### Mise en marche du ventilateur

La mise en marche du ventilateur ne doit pas se faire en fonction de l'heure de la journée, mais de la température et du taux d'humidité relative de l'air. En effet, certains jours, le séchage peut avoir lieu entre 9 h et minuit, tandis que d'autres jours, il ne peut se faire qu'entre 9 h et 18 h. Vérifier souvent la température et le taux d'humidité relative de l'air au cours de la journée. Pour que le séchage progresse, l'air extérieur doit être plus sec que l'air intérieur. Quand la teneur en eau à l'équilibre est inférieure à la teneur en eau des graines les plus humides, il est possible de sécher le soya et le ventilateur devrait être mis en marche. Il existe des humidistats qui permettent un préréglage du taux d'humidité relative auquel le ventilateur sera mis en marche.

Les graines qui se trouvent dans le haut de la cellule de stockage sont les dernières à sécher. Chaque jour de fonctionnement du ventilateur, le front de séchage progresse un peu plus vers le haut de la cellule. Il peut ne pas atteindre la surface aussi rapidement que prévu. Prélever des échantillons à la même profondeur chaque fois pour connaître l'évolution de la teneur en eau à cet endroit. Les graines qui séchent dans un silo muni d'un dispositif de brassage devraient avoir une teneur en eau relativement homogène.

## Autres problèmes liés aux cultures

### Insectes et maladies

La figure 2-4, *Calendrier de dépistage des ennemis du soya*, page en regard, indique les causes possibles des symptômes observés dans le champ. Les descriptions de chacun des déprédateurs et maladies, des stratégies de dépistage et de prévention se trouvent au chapitre 13, *Déprédateurs des grandes cultures*, et au chapitre 14, *Maladies des grandes cultures*.

Les traitements recommandés pour la lutte contre les insectes, les ravageurs et les maladies sont présentés dans la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.

### Dommages causés par la gelée et la grêle

#### Début de saison

Les plants endommagés sous les cotylédons par la gelée ou la grêle en début de saison ne se rétablissent pas. Si la gelée ou la grêle endommage le point végétatif sans toutefois toucher la tige sous celui-ci, le plant produit de nouvelles pousses à partir de la base des feuilles ou des cotylédons (voir planche 16, p. 281). Il faut de trois à quatre jours aux nouvelles pousses pour sortir du point d'attache des feuilles sur la tige (aisselle). Des essais de recherches indiquent que la perte de feuilles aux premiers stades de la croissance a peu d'incidence sur le rendement final ou la maturité. Le tableau 2-19, *Pourcentage de perte de rendement des cultivars de soya indéterminés selon la surface foliaire endommagée et le stade de croissance*, p. 50, résume les pertes de rendement prévues dans différents cas.



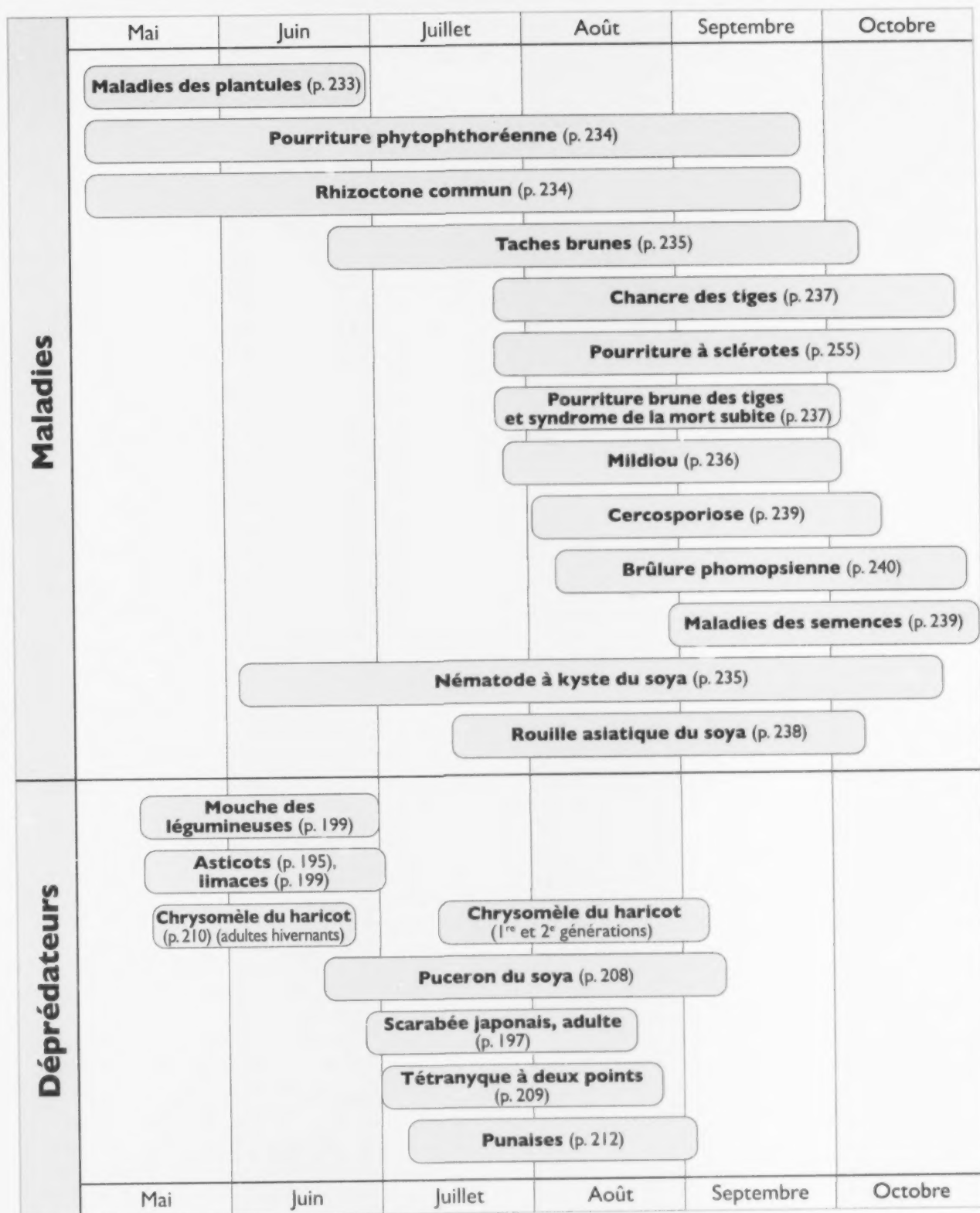


Figure 2-4. Calendrier de dépistage des ennemis du soya

**Tableau 2-19.** Pourcentage de perte de rendement des cultivars de soya indéterminés selon la surface foliaire endommagée et le stade de croissance

Stade de croissance	Surface de feuilles détruites (%)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
VC-Vn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R1	-	1	2	3	3	4	5	6	8	12
R2	-	2	3	5	6	7	9	12	16	23
R2,5	1	2	3	5	7	9	11	15	20	28
R3	2	3	4	6	8	11	14	18	24	33
R3,5	3	4	5	7	10	13	18	24	31	45
R4	3	5	7	9	12	16	22	30	39	56
R4,5	4	6	9	11	15	20	27	37	49	65
R5	4	7	10	13	17	23	31	43	58	75
R5,5	4	7	10	13	17	23	31	43	58	75
R6	1	6	9	11	14	18	23	31	41	53
R6,5	0	1	1	3	4	5	7	13	18	23

Imprimé avec l'autorisation de National Crop Insurance Services (NCIS) 2008. Ne pas reproduire sans autorisation.

### Dommages subis par la tige

Les bris ou les coupures de tiges ont plus d'incidence sur le rendement et la maturité que la perte de feuilles. Si moins de 50 % des tiges sont perdues avant la floraison, la perte de rendement sera inférieure à 10 %. Dans l'évaluation des dommages causés par la grêle, vérifier si les tiges sont meurtries. Si elles sont gravement endommagées, les plants se rétablissent plus difficilement (voir planche 17, p. 281) et ils peuvent aussi devenir plus sensibles aux maladies. Les meurtrissures, qui n'entraînent pas la cassure de la tige, ont peu d'incidence sur le rendement.

En ce qui a trait aux pertes de rendement, c'est lors de la floraison et du remplissage des gousses que le soya est le plus vulnérable, notamment si les tiges sont cassées, ce qui entraîne une diminution du nombre de gousses. Il peut aussi y avoir des retards dans la maturité et la taille des graines.

### Dommages causés par le froid et la gelée en fin de saison

Le soya est considéré comme une culture de saison chaude, et il est donc relativement sensible au froid, notamment pendant la floraison. En effet, on croit qu'une période de froid prolongé (moins de 10 °C) pendant la floraison nuit à la formation du pollen, et il en résulte des gousses apyrènes (dites « parthénocarpiques »). Cependant certains cultivars n'ont pas la même tolérance au temps froid que d'autres, ceux qui ont une pubescence jaunâtre étant plus tolérants que ceux qui ont une pubescence grise.

Pendant la floraison et le remplissage des gousses, le gel peut entraîner d'importantes pertes de rendement et de qualité; à ces stades, une forte gelée peut réduire les rendements de 80 %. Si elle survient lors du remplissage des gousses, les graines sont fortement endommagées et prennent une teinte verdâtre

(aspect « confit »). Même les graines modérément gelées de couleur verdâtre et dont le tégument est légèrement ridé sont considérées comme endommagées. Elles peuvent être rejetées si elles sont trop nombreuses parce qu'elles finissent par sécher avec un tégument ridé. Bien que les plants endommagés par la gelée puissent arriver à maturité plus tôt, ils ont la même teneur en eau que les plants non touchés. La germination se trouve elle aussi gravement réduite. L'Agence canadienne d'inspection des aliments considère comme endommagés par la gelée les plants de soya dont les cotylédons, une fois coupés, sont de couleur verte ou brun verdâtre et d'une apparence vitreuse et cirreuse.

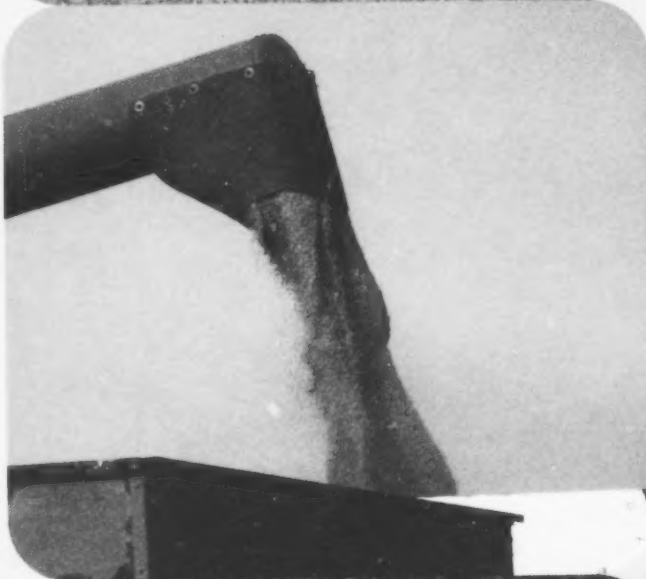
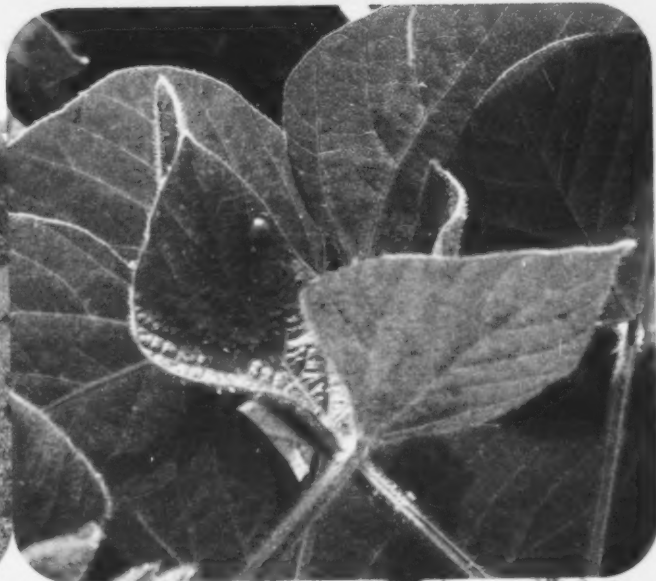
Au fur et à mesure que la récolte arrive à maturité, les gelées de fin de saison produisent des pertes de rendement de moins en moins importantes. Si elle survient au stade R5, la gelée peut réduire le rendement de 50 à 70 %. Si elle survient au stade R6, les pertes sont de 20 à 30 %. Lorsque la récolte a atteint le stade R7, les pertes prévues sont de 5 %. Si les plants ont atteint leur pleine maturité, on ne s'attend à aucune perte de rendement.

### Dommages dus à la foudre

Les dommages dus à la foudre sont limités à un cercle ou un ovale d'un diamètre de 5 à 10 m. Les plants sont généralement tués, mais ils survivent parfois en bordure de la zone touchée. Celle-ci est nettement délimitée, ce qui rend le diagnostic relativement facile (planche 18, p. 281). La partie touchée ne s'élargit pas avec le temps. Les tiges sont souvent noircies, et les feuilles mortes restent attachées au plant.

### Fèves mûres vertes

Après une saison de croissance extrêmement sèche, les fèves mûres peuvent être vertes à la récolte bien que leur teneur en humidité soit inférieure à 13 % (planche 19, p. 282). Ce phénomène est généralement plus accentué dans les régions où il fait extrêmement sec en juillet et août, sur des sols ayant une faible capacité de rétention de l'eau. Comme les graines sont sèches, l'« activité » qui se déroule à l'intérieur est réduite au minimum. L'enzyme qui dégrade normalement la chlorophylle ne peut agir à une teneur en humidité aussi faible, ce qui explique que la couleur verte ne disparaisse pas. À terme, la teinte verte peut s'estomper dans une certaine mesure à l'extérieur de la fève, mais elle persistera à l'intérieur de celle-ci, que ce soit au champ ou à l'entreposage. On ne peut pas faire grand chose pour enrayer ce phénomène, qui est la conséquence des conditions météorologiques. La meilleure méthode de prévention consiste à opter pour une bonne rotation des cultures et à choisir les cultivars les mieux adaptés à la région considérée.





### 3. Cultures fourragères

La production des cultures fourragères tient une grande place en Ontario où elle occupe plus du tiers des terres cultivées. Le foin sec et le foin destiné à l'ensilage préfané sont cultivés sur 1 012 000 ha (2 500 000 ac), auxquels s'ajoutent 303 500 ha (750 000 ac) de pâturages ensemencés et 445 000 ha (1 100 000 ac) de pâturages naturels. Dans la province, environ 129 500 ha (320 000 ac) sont consacrés à la production de maïs à ensilage, ce qui représente 17 % de la production totale de maïs. La production des fourrages est évaluée à environ 10 % de la production agricole ontarienne.

Les fourrages sont des plantes entières utilisées pour nourrir le bétail. Ils constituent un élément important de la rotation des cultures dans de nombreuses exploitations, et leurs avantages ont été démontrés par de nombreuses recherches ainsi que par l'expérience des agriculteurs.

La gestion des fourrages est plus complexe que celle de nombreuses autres cultures, et cela pour plusieurs raisons :

- Ils sont généralement formés d'un mélange de différentes espèces;
- On peut les utiliser sous forme de fourrages entreposés ou de pâturage;
- Ils sont soumis à une vaste gamme de systèmes de récolte et d'entreposage;
- Pour survivre à l'hiver, les espèces vivaces nécessitent certaines pratiques de gestion particulières.

Pour plus de renseignements sur la production de l'ensilage de maïs, voir *Choix des hybrides destinés à l'ensilage*, p. 10. Sous *Ensilage préfané et ensilage de maïs*, p. 73, on trouvera également de l'information sur l'ensilage du maïs et son entreposage. Pour des renseignements plus détaillés sur les pâturages, consulter la publication 19F du MAAARO, *La culture des pâturages*, ou le site du ministère à l'adresse [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

#### Espèces

##### Légumineuses vivaces

La plupart des légumineuses cultivées pour le fourrage ont des racines pivotantes ainsi que de larges feuilles composées (formées de plusieurs folioles) disposées en alternance sur la tige. Les nouvelles pousses naissent sur le collet de la plante, et le point végétatif de chacune des pousses se trouve à son extrémité. Dans l'ensemble, les légumineuses ont une teneur en protéines plus élevée que les graminées.

Lorsqu'elles sont bien inoculées, les légumineuses utilisent l'azote atmosphérique, de sorte qu'elles n'ont pas besoin d'engrais azoté. De plus, mélangées aux graminées, elles leur fournissent une quantité considérable de cet élément.

#### Luzerne

En Ontario, la luzerne est la culture fourragère vivace qui donne le meilleur rendement, et la légumineuse fourragère la plus cultivée. Elle produit plus de protéines par unité de surface que les autres légumineuses fourragères, et on peut la cultiver seule ou avec diverses graminées. Pour que sa persistance et son rendement soient bons, il lui faut un sol bien drainé, un pH supérieur à 6,1, une fertilisation adéquate et une saine gestion de la récolte. Bien gérée, un champ de luzerne peut normalement produire pendant trois ans ou plus. Les teneurs en protéines et en énergie des fourrages à base de luzerne varient en fonction du stade de croissance atteint au moment de la récolte. Pour éviter sa destruction par l'hiver, on doit respecter la période critique de récolte d'automne, qui dure six semaines.

#### Lotier corniculé

Le lotier corniculé est une légumineuse non météorisante idéale pour les pâturages permanents. Comme il se resème spontanément, il constitue un excellent choix pour les terrains rocaillieux ou en pente qui ne peuvent être travaillés. Bien que les plants individuels ne vivent que quelques années, les peuplements peuvent demeurer productifs pendant dix ans ou plus si on les laisse monter en graine. De plus, cette espèce s'adapte bien aux sols mal drainés. Le lotier corniculé a un potentiel de rendement inférieur à celui de la luzerne et prend plus de temps à sécher; c'est pourquoi on le recommande pour la production de foin uniquement dans les zones où la culture de la luzerne est difficile. Comme les semis mettent beaucoup de temps à s'établir, il faut attendre au moins un an avant d'avoir un peuplement satisfaisant. Comme la luzerne, le lotier corniculé doit également être récolté à l'automne, la période critique commençant environ dix jours avant celle de la luzerne.

#### Trèfle rouge

Le trèfle rouge est une légumineuse vivace de courte durée. Ses rendements sont bons l'année qui suit son établissement, mais souvent médiocres l'année suivante, en particulier dans le sud de l'Ontario. Il peut être semé dans les champs trop humides ou trop acides pour la luzerne. Cultivé avec d'autres légumineuses, il peut inhiber leur établissement. Lorsqu'on veut utiliser le trèfle rouge comme culture fourragère, on l'entrepose le plus souvent sous forme d'ensilage parce qu'il est difficile à sécher et produit souvent un foin poussiéreux ou moisi.

En Ontario, on en cultive surtout deux types, le trèfle rouge à deux coupes et le trèfle rouge à une coupe. Le premier fleurit pendant l'année de l'établissement et donne une repousse vigoureuse après la coupe. Le trèfle rouge à une coupe pousse plus lentement et arrive à maturité environ deux semaines après le trèfle rouge à deux coupes; il ne fleurit pas pendant l'année de l'établissement ni après la première coupe les années suivantes.



La culture du trèfle rouge comme engrais vert est maintenant très répandue. Pour plus d'information sur la culture du trèfle rouge et sur son utilisation comme culture-abri, voir le chapitre 8, *Gestion des sols*.

### Trèfle blanc

Le trèfle blanc est surtout cultivé dans les pâturages. Cette vivace de courte durée se resème. Il en existe trois principaux types, le trèfle ladino, le trèfle rampant et le trèfle blanc sauvage. Ils se ressemblent tous, mais diffèrent par leur taille : le trèfle blanc sauvage est le plus petit et le trèfle ladino, le plus grand. Ils ont tous des stolons, c'est-à-dire des tiges qui rampent sur le sol et dont les ramifications poussent bien droites ou un peu penchées. Les racines, peu profondes et fasciculées, se développent à partir des nodosités des stolons rampants. Le trèfle blanc est peu résistant à la sécheresse, mais il tolère relativement bien les broutages fréquents et a une bonne sapidité. On peut le semer sur le sol gelé ou en semis direct dans des pâturages de graminées existants pour améliorer la qualité du fourrage et son rendement.

### Mélicot

Le mélicot est une légumineuse bisannuelle à croissance lente souvent utilisée pour alléger le sol. Il ne fleurit pas pendant l'année de son établissement. Au printemps de la deuxième année, il croît rapidement et devient une plante haute à tige grossière. Comme il contient de la coumarine, le bétail l'apprécie moins.

Il en existe deux espèces, le mélicot blanc (à fleurs blanches) et le mélicot officinal (à fleurs jaunes). Le mélicot blanc a une tige plus longue et plus grossière que le mélicot officinal, ainsi que des racines plus profondes; il se prête mieux à la production d'engrais vert que de fourrage. Le mélicot officinal est meilleur au goût pour le bétail et attire davantage les abeilles. Un foin de mélicot qui est moisi peut contenir du dicoumarol, un anticoagulant qui peut causer la mort du bétail par hémorragie.

### Trèfle d'Alsike

Le trèfle d'Alsike est une plante vivace, souvent traitée comme plante bisannuelle. Il peut pousser sur des sols acides et mal drainés. Il ne donne qu'une coupe de foin par année et il constitue rarement un premier choix comme légumineuse de fourrage. Il peut causer la photosensibilité et des dommages au foie chez les chevaux, ne pas l'inclure dans le foin ni dans les mélanges de pâturage qui leur sont destinés.

### Trèfle kura

Le trèfle kura est une légumineuse de pâturage relativement nouvelle en Ontario. Il a peu de vigueur au départ et prend du temps à s'établir. Après cela, toutefois, il est très persistant et résistant au froid, et il peut tolérer des conditions médiocres pour ce qui est du drainage, de la fertilisation, de la gestion des pâturages et du pH. Il se multiplie par ses tiges souterraines appelées rhizomes, possède un réseau de racines étendu et devient dense avec le temps. La préparation du lit de semence et les méthodes des semis ont une

grande importance. Le trèfle kura doit être inoculé avec la bonne souche de bactéries *Rhizobium*.

### Graminées vivaces

Les graminées ont beaucoup de longues feuilles minces portées par une tige. Elles ont des racines très fasciculées qui retiennent le sol et empêchent l'érosion. Certaines graminées ont des rhizomes (ou tiges souterraines) qui produisent de nouvelles pousses à partir de chaque nœud. Les graminées à rhizomes peuvent rendre un peuplement plus dense. Les graminées sans rhizomes sont appelées « graminées en touffe ».

Les diverses espèces de graminées exercent une concurrence variable face aux légumineuses, ce qui se répercute sur le ratio légumineuse-graminée de la culture établie. Le dactyle et le ray-grass, par exemple, font souvent davantage concurrence à la luzerne que la fléole ou le brome. Les graminées sont moins riches en protéines que les légumineuses lorsqu'on les récolte au même stade de croissance.

### Fléole

La fléole est la graminée de fourrage la plus cultivée en Ontario, généralement en association avec la luzerne ou le lotier corniculé. C'est une graminée en touffe qui se prête peu au tallage; elle ne livre donc pas une concurrence intense aux autres espèces. Elle s'établit facilement au début du printemps ou à la fin de l'été et s'adapte bien aux sols lourds et à drainage variable. La fléole a une bonne sapidité et un rendement élevé à la première coupe. Bien que certains cultivars aient été créés pour la repousse, après la première coupe et à la mi-saison, ils ne produisent pas autant que le brome ou le dactyle pelotonné.

### Brome inerme

Le brome inerme est une graminée plus hâtive et plus agressive que la fléole. Comme il résiste mieux à la sécheresse, sa repousse est plus forte à la deuxième coupe. Il se multiplie par des rhizomes et ses peuplements peuvent devenir denses avec le temps. Le brome inerme a une bonne sapidité et, à l'approche de la maturité, il conserve mieux sa valeur nutritionnelle que la plupart des autres graminées. Son principal défaut est la taille et la légèreté de ses graines, qui passent mal dans les petits trous des semoirs. Le brome inerme s'établit difficilement s'il est semé en surface ou à plus de 5 cm (2 po) de profondeur.

### Brome des prés

Le brome des prés est une espèce utile pour les pâturages parce qu'il pousse rapidement au début du printemps et se rétablit sans tarder après le broutage. Il est préférable de l'inclure dans un pâturage tournant.

### Dactyle pelotonné

Le dactyle pelotonné se développe plus tôt et est beaucoup plus agressif que la fléole ou le brome. Il a bon goût lorsqu'il est jeune, mais perd sa sapidité et sa digestibilité plus rapidement

que les autres graminées. Les sélectionneurs de végétaux ont créé de nouveaux cultivars qui arrivent à maturité plus tard, qui conservent leur sapidité et leur digestibilité plus longtemps et dont l'arrivée à maturité correspond mieux à celle des autres espèces du mélange. Le dactyle pelotonné pousse beaucoup plus vigoureusement à la mi-été, par temps chaud et sec, que la fléole ou le brome, ce qui se traduit par une plus forte proportion de graminées à la deuxième et à la troisième coupe des mélanges luzerne-graminée. Le dactyle pelotonné ne résiste pas aussi bien à l'hiver que la fléole ou le brome et ne tolère pas les sols humides. Ses jeunes plants sont agressifs et s'établissent facilement. On recommande de l'inclure dans les pâturages intensifs ou de le cultiver pour l'ensilage préfané très hâtif.

### **Alpiste roseau**

L'alpiste roseau est bien connu pour sa capacité à tolérer des sols mal drainés. Il peut toutefois avoir un rendement élevé dans les sols bien drainés, et un meilleur rendement que les autres espèces de graminées en cas de sécheresse. Il se multiplie par des rhizomes; il a une tige et des feuilles grossières et perd vite sa sapidité et sa digestibilité après l'épiaison. Sa repousse est purement végétative et ne produit pas de tiges porte-graines, de sorte que la deuxième et la troisième coupes peuvent être de très bonne qualité. Il s'établit lentement et n'est pas compétitif pendant l'année des semis.

Dans le passé, les animaux nourris à l'alpiste roseau donnaient un rendement médiocre en raison de certains des alcaloïdes qu'il contenait. Cependant les cultivars actuellement recommandés sont exempts de ces substances (tryptamine et carboline). Certains cultivars contiennent également moins de graminées, des alcaloïdes qui réduisent la sapidité, la prise alimentaire et le rendement des animaux.

### **Fétuque élevée**

La fétuque élevée est une graminée au feuillage grossier et dense, utile dans les pâturages à long terme et comme outil de prévention de l'érosion. Elle s'adapte à la plupart des types de sol, tolère bien des drainages imparfaits ainsi que le passage des animaux. Le fait qu'elle conserve sa qualité fourragère tard à l'automne en fait une graminée utile dans les « pâturages de réserve » ou d'automne pour le pacage différé. La médiocrité du rendement des animaux nourris dans les pâturages de fétuque élevée serait due à un champignon systémique transmis par la graine (endophyte). Une fois les graines infectées, il devient impossible d'enrayer la propagation de cet organisme dans un peuplement installé. Tous les cultivars recommandés en sont exempts.

### **Vulpin des prés**

Le vulpin des prés est une graminée vivace de longue durée ayant sensiblement la même apparence que la fléole et convenant bien aux pâturages intensifs. Il donne un bon rendement dans les sols mal drainés, il a une croissance très précoce au printemps et arrive tôt à maturité. Pendant les périodes de sécheresse et de chaleur de la mi-été, sa croissance peut être lente. Ses semences sont très légères et poilues, et elles doivent être enrobées.

### **Fétuque rouge traçante**

La fétuque rouge traçante est une graminée gazonnante dense qui s'établit et se multiplie vigoureusement sur la plupart des sols, y compris les sous-sols bien fertilisés. Son système racinaire solide et ses pousses fines et denses en font une excellente graminée à semer pour protéger les berges et les voies d'eau engazonnées. Elle peut également être utilisée comme graminée couvre-sol dans les pâturages à long terme, et elle est réputée pour sa période de croissance prolongée et sa bonne qualité alimentaire en automne. Comme cette graminée ne pousse pas très haut, elle est difficile à couper et convient mal à la production de foin.

### **Fétuque des prés**

La fétuque des prés est une graminée rustique employée pour la production de foin et dans les mélanges de pâturage. Elle pousse mieux dans les sols fertiles et profonds, mais s'accommode également de sols à drainage variable et peu fertilisés. Elle donne un bon rendement en été et en automne et conserve sa qualité alimentaire plus tard en saison que la plupart des autres graminées. La fétuque des prés possède des feuilles plus effilées et un système racinaire moins profond que la fétuque élevée; elle est en outre plus petite que cette dernière et moins persistante.

### **Ray-grass vivace**

Il s'agit d'une plante vivace de courte durée; il existe des cultivars destinés à l'engazonnement, aux pâturages et à la production de foin. Les cultivars destinés aux pâturages produisent généralement des feuilles plus fines, ainsi que des talles plus petites et plus nombreuses que les cultivars utilisés pour la production de foin, et ils viennent à maturité plus tard en saison. Le ray-grass vivace destiné aux gazons contient des endophytes, de sorte qu'on ne doit pas l'employer comme fourrage. Le ray-grass vivace est précoce et vigoureux au printemps, et il continue de croître pendant une bonne partie de l'automne; sa croissance s'arrête toutefois pendant les mois chauds et secs de l'été. Dans les mélanges avec la luzerne qu'on laisse hiverner, la croissance excessive des parties aériennes peut entraîner une destruction au cours de l'hiver. Cette graminée résiste mal dans les régions où le sol est couvert de glace pendant de longues périodes et où le froid est extrême et la neige peu abondante.

### **Pâturin**

En Ontario, deux variétés fourragères communes sont cultivées sur environ 400 000 ha (un million d'acres) de pâturage permanent, soit le pâturin comprimé et le pâturin des prés. Dans le sud, le pâturin a un système racinaire peu profond et donne une pousse riche avec une bonne sapidité au printemps; il est toutefois improductif pendant les mois chauds et secs de l'été. On peut accroître son rendement de façon importante par une bonne gestion et une fertilisation adéquate, en particulier dans les zones fraîches du nord de l'Ontario. On cultive ces espèces dans les pâturages comme graminées couvre-sol pour prévenir les invasions de mauvaises herbes; elles tolèrent le broutage à ras et le piétinement, et elles comblent les espaces laissés vides par les autres espèces.

Tableau 3-1. Caractéristiques des espèces fourragères vivaces cultivées en Ontario

Espèces	Utilisation	Persistance (années)	Points forts	Mises en garde
<b>Légumineuses</b>				
Luzerne	Fourrage entreposé	3-4 (sud de l'Ontario) 1-4 (nord de l'Ontario)	Excellente qualité Excellent rendement	Peut être météorisante Faible persistance en pâturage Faible tolérance aux sols acides ou à drainage variable A besoin d'une période de repos automnal
Lotier corniculé	Pâturage Fourrage entreposé	5+ (peut se resemer)	Grande qualité Non météorisant Bonne tolérance aux sols acides et à drainage variable	S'établit lentement Croissance printanière et repousse lentes A besoin d'une période de repos automnal Inappétent pour les chevaux
Trèfle rouge	Pâturage Fourrage entreposé Engrais vert	1-3	Excellent rendement la première année S'établit facilement Grande qualité Tolère très bien les sols acides ou à drainage variable	Difficile à sécher pour la production de foin Peut être météorisant Peuplements s'éclaircissant rapidement Peut causer une infertilité temporaire des brebis au pacage Forte concurrence, en particulier pour les autres légumineuses
Trèfle blanc	Pâturage	5+	Qualité et sapidité excellentes Bonne tolérance au broutage à ras	Peut être météorisant Faible tolérance à la sécheresse
Trèfle kura	Pâturage	5+	Grande persistance Grande qualité	S'établit difficilement Peut être météorisant
Trèfle d'Alsike	Pâturage Fourrage entreposé	1-2 (peut se resemer)	Très bonne tolérance aux sols acides et humides Bonne qualité	Rendement inférieur à celui du trèfle rouge Rendement de la repousse faible Peuplements s'éclaircissant rapidement Peut être météorisant
Mélilot	Engrais vert Fourrage entreposé	2	Excellent apport aux sols Aère le sous-sol Excellente plante mellifère	Sapidité faible sauf si la récolte est précoce Anciens cultivars contenant de la coumarine, qui peut créer des troubles digestifs Une seule récolte par année
<b>Graminées</b>				
Fléole	Fourrage entreposé	5+	S'établit facilement Bonne tolérance aux variations de drainage Semences bon marché	Faible production estivale Faible persistance des cultivars tardifs si on fait trois récoltes
Brome inerme	Pâturage Fourrage entreposé	5+	Excellent rendement au printemps et à l'automne Bonne repousse Garde mieux sa qualité à maturité	Grosses graines qui peuvent compliquer les semis
Brome des prés	Pâturage Fourrage entreposé	5+	Croissance précoce au début du printemps Repousse rapide après broutage ou coupe Bonne résistance à l'hiver Bonne sapidité	Grosses graines qui peuvent compliquer les semis Sensible aux inondations Se multiplie moins par ses rhizomes que le brome inerme
Dactyle pelotonné	Pâturage Fourrage entreposé	5	Pâturage très hâtif Excellente repousse Bonne tolérance à la sécheresse Bonne tolérance au broutage à ras Fortement stimulé par l'azote	Perd rapidement sa sapidité et sa qualité à maturité Forte concurrence avec les autres espèces Tolère mal les variations de drainage et la présence de glace
Alpiste roseau	Pâturage Fourrage entreposé	5+	Excellent rendement sur des sols secs ou à drainage variable Bonne repousse Fortement stimulé par l'azote	S'établit lentement Première coupe, perd rapidement sa sapidité et sa qualité à maturité Faible tolérance au broutage à ras et aux coupes fréquentes
Fétuque rouge traçante	Pâturage Culture herbagère Engazonnement de berges	5+	Bonne qualité alimentaire en automne S'établit facilement Tolère bien le broutage à ras et les sols acides Bonne repousse	Faible rendement saisonnier Faible sapidité

Tableau 3-1. Caractéristiques des espèces fourragères vivaces cultivées en Ontario

Espèces	Utilisation	Persistance (années)	Points forts	Mises en garde
Vulpin des prés	Pâturage Fourrage entreposé	5+	Convient mieux au pâturage géré qu'à la production de fourrage entreposé Pousse au début du printemps et à la fin de l'automne Tolère bien les sols à drainage variable Meilleure sapidité que la fétuque élevée Prévention de l'érosion des voies d'eau	Semence devant être enrobée Forte concurrence avec les autres espèces Faible tolérance à la sécheresse Qualité médiocre à maturité Moins persistante et rendement moindre que la fétuque élevée
Fétuque élevée	Pâturage Fourrage entreposé Culture herbagère Engazonnement de berges	5+	Haut rendement Bonne croissance estivale Bonne qualité alimentaire en automne pour le pâturage des herbages mis en réserve Tolère bien les sols acides	Feuillage épais et sapidité faible Nécessité d'utiliser des semences exemptes d'endophytes
Ray-grass vivace	Pâturage Fourrage entreposé	2-3 (sud de l'Ontario)	Qualité et sapidité excellentes S'établit très rapidement Bonne tolérance au broutage à ras	Tolère mal la sécheresse et la chaleur Tolère mal les variations de drainage Persistance variable
Pâturin des prés	Pâturage Culture herbagère Engazonnement de berges	5+	Bonne qualité et sapidité Bonne tolérance au broutage à ras	Faible production estivale Établissement très lent Faible rendement saisonnier

Le tableau 3-1, *Caractéristiques des espèces fourragères vivaces cultivées en Ontario*, page en regard, résume les propriétés de ces espèces.

### Fourrages annuels

La principale culture fourragère annuelle est le maïs, qu'on récolte pour l'ensilage. Voir *Choix des hybrides destinés à l'ensilage*, p. 10.

Il existe plusieurs autres types de cultures fourragères annuelles qui peuvent être intégrées dans l'assolement régulier de l'exploitation ou utilisées en cas d'urgence, quand les fourrages vivaces ont été détruits par l'hiver ou deviennent rares sur le marché. Les fourrages annuels constituent une source précieuse de foin, de pâturage, d'ensilage ou de fourrage vert.

### Céréales d'automne (seigle, triticale, blé)

Les céréales d'automne (seigle, triticale et blé) produisent des pâturages pour l'automne et le début de printemps. Une bonne fertilisation azotée au printemps suffit à assurer de bons rendements en fourrage entreposé dès la fin mai. Les céréales d'automne perdent rapidement de leur qualité comme fourrage lorsqu'elles approchent de la maturité. S'il a été semé entre le 15 et le 31 août, le seigle d'automne peut être brouté sept semaines plus tard. Il produit un plus grand volume de fourrage de printemps que le triticale d'automne ou le blé d'automne. Ajouter au seigle devant être brouté au printemps de 50 à 80 kg d'azote/ha (45 à 70 lb/ac) juste avant qu'il reverdisse. L'épiaison commence après la mi-mai si le pâturage n'a pas été brouté trop ras.

La semence de triticale d'automne peut être difficile à trouver. Semer à raison de 100 à 125 kg/ha (90 à 110 lb/ac) à peu près au même moment que le blé d'automne; tôt au printemps.

épandre 80 kg d'azote/ha (70 lb/ac) pour le pâturage de printemps ou la production de fourrage entreposé. Le triticale d'automne donne un pâturage de début de printemps comparable à celui du seigle d'automne.

### Céréales de printemps (avoine, orge, triticale)

Les céréales de printemps se prêtent très bien à production de fourrage sous forme de foin, d'ensilage ou de pâturages. L'avoine et l'orge sont très employées comme plantes-abris dans les semis de plantes fourragères vivaces; pour améliorer l'établissement de ces derniers, on récolte généralement l'avoine et l'orge pour l'ensilage.

Semer les céréales à n'importe quel moment de la saison. Pour maximiser la production et le rendement, semer au début du printemps. Comme un apport d'azote stimule la croissance végétative, on recommande d'épandre 30 à 50 kg d'azote/ha (27 à 45 lb/ac). La fauche ou le broutage peut généralement commencer de six à huit semaines après les semis. Comme la qualité fourragère baisse rapidement après l'épiaison, récolter à la fin du stade de gonflement ou au début de l'épiaison. Le rendement de matière sèche augmente à mesure que le plant approche de la maturité, mais sa qualité fourragère diminue énormément. Pour l'ensilage, le fourrage doit être ramené à 50 à 65 % d'humidité.

Les ensilages de céréales sont plus riches en protéines que ceux de maïs, mais ils sont généralement plus pauvres qu'un bon ensilage préfané de luzerne. Leur valeur énergétique est plus basse que celle de l'ensilage de maïs et souvent comparable à celle de l'ensilage préfané de luzerne.

On préfère l'avoine à l'orge pour la production de foin ou de pâturage, en raison de sa plus grande sapidité. Comme fourrage, on peut aussi utiliser des céréales mélangées et du blé de printemps.

Pour plus de renseignements sur les mélanges de céréales de printemps, voir la fiche technique du MAAARO, *Production de fourrage à partir de céréales de printemps et de mélanges céréales-pois*, commande n° 98-042, ou consulter le site Web [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

### Mélanges céréales-pois

Les pois de grande culture, en association avec des céréales, améliorent la valeur alimentaire du mélange; ils permettent d'en accroître la teneur en protéines et la digestibilité s'ils représentent au moins 50 % (en poids) du total. Cependant l'ajout de pois augmente le coût des semences; choisir de préférence des cultivars de pois fourragers. Pour maximiser le rendement en feuilles, éviter de choisir un cultivar de pois semi-aphylle (dont les folioles sont transformées en vrilles). Le mélange avoine-pois peut être utilisé comme culture-abri pour la luzerne et devrait être récolté pour l'ensilage. Faucher lorsque l'avoine commence à épier, alors que le pois commence à peine à faire ses gousses. Ce stade de croissance se produit habituellement vers la dernière semaine de juin.

Un mélange de triticale de printemps et de pois peut servir de culture fourragère. La densité du semis et la gestion des cultures sont semblables à celles du mélange avoine et pois. À la récolte, les pois sont habituellement plus abondants lorsqu'ils sont mélangés avec le triticale qu'avec l'avoine. Le produit obtenu est de meilleure qualité, mais le préfanage des plants est plus long et le temps de fanage avant l'ensilage doit être prolongé.

### Soya destiné au fourrage

Bien qu'en Ontario on cultive surtout le soya pour son huile, il peut aussi donner un fourrage de haute qualité comme culture annuelle. Le soya plante entière qui a un bon nombre de gousses a des teneurs en protéines et un taux de digestibilité comparables à ceux de la luzerne. Le soya peut se récolter sous forme d'ensilage ou de foin, mais il est difficile à sécher dans ce dernier cas.

Lors du choix du cultivar, tenir compte de la hauteur de la plante et de son degré de ramification. On a développé des cultivars de soya destinés au fourrage. Un semis dense au semoir à céréales, à raison de 80 à 100 kg/ha (70 à 90 lb/ac), donne une couverture productive pour le fourrage. Sur les étiquettes d'herbicides, lire les restrictions relatives aux usages homologués. Récolter quand les feuilles du bas commencent à jaunir, c'est-à-dire vers la première semaine de septembre en Ontario. N'effectuer qu'une seule coupe par saison.

### Graminées annuelles de saison chaude

Les membres de la famille du sorgho, de l'herbe du Soudan et du millet sont des graminées annuelles tropicales, de saison chaude, qui poussent dans des zones semi-arides. On utilise souvent les graminées annuelles de saison chaude comme fourrage dans les situations d'urgence lorsque la luzerne a été détruite par l'hiver ou lorsque les semis sont retardés. Elles présentent des avantages par rapport à l'ensilage de maïs, parce qu'elles permettent l'emploi du matériel de semis et de récolte traditionnel. En Ontario, on les utilise également pour l'ensilage (haché ou en grosses balles), le

fourrage vert ou le pâturage. Le sorgho et l'herbe du Soudan ne sont pas recommandés pour la production de foin sec parce qu'ils sont difficiles à sécher. Le millet est souvent utilisé pour l'ensilage et même pour la production de foin, quand les conditions de séchage sont bonnes.

Ne pas utiliser le sorgho ni l'herbe du Soudan dans l'alimentation des chevaux parce que chez cette espèce, ils peuvent causer la cystite, une inflammation de la vessie.

### Millets

Le nom de « millet » désigne de nombreuses graminées qui ont de petites graines comestibles. La plupart des espèces (notamment le millet du Japon, le millet commun, le millet d'Italie, le millet pied-de-coq, le millet kodo, le mil rouge et le teff) ont des tiges courtes (0,3 à 1,2 m [1 à 4 pi]) et minces. Le millet à chandelle fait exception, sa tige étant plus épaisse et au moins deux fois plus longue (1,5 à 3 m [5 à 10 pi]). En Ontario, les espèces les plus utilisées pour le fourrage sont le millet à chandelle et le millet du Japon. Bien gérées, les prairies de millet peuvent donner un fourrage de très bonne qualité.

Le millet a une plus petite tige que le sorgho et est légèrement plus riche en protéines et en unités nutritives totales (UNT) que ce dernier. On le préfère souvent à certaines variétés de sorgho pour le pâturage ou le fourrage vert parce qu'il ne contient pas d'acide prussique. Le millet et le sorgho sont facilement endommagés par les animaux au pâturage, et ils doivent donc être pâturés par bandes.

### Millet à chandelle

Le millet à chandelle produit une masse de tiges et de racines secondaires très fines et fasciculées. Il résiste bien à la sécheresse et préfère un sol légèrement sableux ou un loam sableux. On sème le millet à chandelle lorsque les risques de gel sont passés et que la température du sol atteint 12 °C ou plus. Le meilleur moment pour ce faire est habituellement la dernière semaine de mai ou le début juin, mais on peut aller jusqu'au début juillet. Semer à raison de 8 à 10 kg/ha (7 à 9 lb/ac), à 0,5 à 1 cm (¼ à ½ po) de profondeur. Le millet à chandelle destiné au fourrage a sensiblement le même type de croissance et le même rendement que les hybrides sorgho-Soudan.

La qualité du fourrage et sa quantité dépendent du stade de maturité au moment de la récolte. Pour obtenir une qualité fourragère optimale, il faut généralement faire la première coupe environ 55 à 60 jours après les semis, alors que le millet est encore au stade végétatif. La deuxième coupe se fait environ 30 à 35 jours plus tard. Pour accélérer la repousse, laisser un chaume d'environ 10 cm (4 po), et d'environ 15 à 20 cm (6 à 8 po) pour le broutage.

Pour produire un rendement et des teneurs en protéines élevés, le millet à chandelle destiné au fourrage nécessite plus d'azote que les anciens cultivars, mais on ignore quelles sont les quantités optimales à employer. Il est probable que ce taux général est voisin de la recommandation en azote pour les hybrides sorgho-Soudan, la moitié étant épandue au semis et la moitié après la première coupe si l'on



prévoit d'effectuer une seconde coupe. L'épandage d'azote en deux fois permet d'optimiser le rendement et la qualité. Dans les cultures de millet à chandelle, les méthodes de lutte contre les mauvaises herbes sont limitées. La technique du sol rassis permet d'améliorer l'établissement. Pour plus d'information, voir la publication 75F du MAAARO, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*.

### La famille du sorgho

Les membres de la famille du sorgho utilisés comme fourrage sont notamment le sorgho fourrager, l'herbe du Soudan et divers hybrides. Les qualités agronomiques et nutritionnelles diffèrent considérablement entre les espèces, les hybrides et les cultivars.

### Sorgho et hybride sorgho-Soudan

Le sorgho fourrager et l'hybride sorgho-Soudan produisent de grands plants et peuvent donner un rendement élevé. Les anciens cultivars de sorgho fourrager étaient adaptés aux récoltes à une coupe produisant une qualité de fourrage faible, mais un rendement élevé. Le sorgho-grain, appelé aussi milo, n'est pas recommandé pour la production de fourrage en raison de son faible rendement en matière sèche.

De nouveaux hybrides de sorgho ont été créés pour les fourrages de saison courte, à deux coupes et de grande qualité. Les racines secondaires fines et fasciculées des hybrides de sorgho fourrager et les talles qu'ils forment leur confèrent une meilleure tolérance à la sécheresse. Les sorghos fourragers tolèrent mieux les sols lourds que le millet à chandelle. Ils ont une croissance optimale dans un milieu chaud et humide.

Semer les sorghos fourragers lorsque le risque de gel est passé et que la température du sol dépasse 12 °C, généralement pendant la dernière semaine de mai ou au début de juin, à raison de 10 à 30 kg/ha (9 à 27 lb/ac). On peut réduire ces taux de semis si les conditions sont idéales et si les rangs sont plus espacés. De façon générale, augmenter les taux de semis si les rangs sont plus rapprochés et si les conditions de semis sont médiocres. Pour un cultivar donné, les fournisseurs de semences indiquent parfois la dose recommandée. Semer à une profondeur de 0,5 à 1 cm ( $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{2}$  po). Épandre du phosphore et du potassium en fonction des résultats de l'analyse de sol. Pour l'azote, la quantité recommandée est de 50 à 100 kg/ha (45 à 90 lb/ac). Le fractionnement de l'application d'azote (la moitié au moment des semis et l'autre après la première coupe) permet d'optimiser le rendement et la qualité. Voir aussi la publication 75F du MAAARO, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*.

Le stade de maturité au moment de la coupe est le facteur le plus déterminant en ce qui concerne la qualité et la quantité du fourrage. En général, les sorghos fourragers se récoltent 60 à 65 jours après les semis (fin juillet ou début août), et ils sont prêts pour une deuxième coupe 30 à 35 jours plus tard. Pour favoriser une repousse plus rapide après la fauche, laisser au moins 10 cm (4 po) de chaume à la récolte, ou 15 à 20 cm (6 à 8 po) pour le pâturage. Le régime à une coupe augmente considérablement le rendement, mais aux dépens de la qualité, et celle-ci baisse énormément après l'épiaison. La récolte doit être fanée et ensilée à une teneur en eau d'environ 65 %.

On a créé des cultivars de sorgho fourrager et de sorgho-Soudan à nervure brune (BMR) dont la digestibilité des fibres (dF<sub>DN</sub>) est accrue. La nervure brune résulte d'une mutation génétique qui réduit la quantité de lignine présente dans la tige, mais qui peut aussi augmenter le risque de verse.

### L'herbe du Soudan

L'herbe du Soudan est utilisée pour le pâturage. Elle a des tiges de la grosseur d'un crayon et conserve sa sapidité même après l'épiaison. Elle ne doit pas être broutée avant d'avoir atteint une hauteur de 45 cm (18 po). En pâturage tournant, la culture demeure productive et succulente toute la saison. L'herbe du Soudan tolère des sols légèrement plus humides que les autres sorghos, mais elle préfère les endroits assez bien drainés ou bien drainés.

### Intoxication à l'acide prussique

L'intoxication à l'acide prussique (acide cyanhydrique) peut survenir chez le bétail nourri au sorgho et à l'herbe de Soudan. Les plants jeunes ou immatures et ceux qui ont souffert de la sécheresse ou du gel ont une teneur en acide prussique plus élevée. L'épandage de trop grandes quantités d'azote augmente également les risques de toxicité. Certains nouveaux hybrides de sorgho fourrager ont des teneurs moins élevées en acide prussique. Le millet ne présente pas de risques d'intoxication de ce type. Voici quelques conseils pour réduire ce type de risque :

- Ne pas pacager le sorgho ni en faire de fourrage vert avant qu'il atteigne 45 à 60 cm (18 à 24 po) de hauteur.
- Après une gelée meurtrière, attendre au moins 3 jours avant d'ensiler le sorgho de plus de 76 cm (30 po) de hauteur ou d'en faire du fourrage vert.
- Après une gelée meurtrière, attendre au moins 3 semaines avant de produire du fourrage vert avec du sorgho de moins de 45 cm (18 po).
- Après une période de sécheresse, ne pas faire brouter la repousse mouillée par la pluie.
- Utiliser des cultivars de sorgho à teneur réduite en acide prussique.

### Intoxication aux nitrates

Les fourrages ayant des teneurs anormalement élevées en nitrates peuvent provoquer des intoxications et même la mort du bétail et, si le fourrage est ensilé, des émanations de gaz d'ensilage. Parmi les diverses espèces fourragères, ce sont les hybrides sorgho-Soudan et les céréales qui accumulent les plus fortes teneurs de nitrates; les légumineuses n'en contiennent que peu et sont rarement source de danger, et les graminées fourragères se situent entre ces deux groupes. Le maïs destiné à la production de fourrage vert ou à l'ensilage peut également provoquer une intoxication aux nitrates.

Les teneurs en nitrates ne deviennent vraiment dangereuses que dans des conditions de croissance anormales, notamment :

- sols à très forte teneur en azote (apports excessifs d'engrais azotés ou de fumier, ou une combinaison de ces causes, avec l'enfouissement d'une légumineuse comme engrais vert);

- sécheresse prolongée suivie de pluie; dans ces circonstances, attendre dix jours après la pluie avant de récolter pour permettre la transformation des nitrates en protéines;
- toutes les circonstances naturelles entraînant la destruction des feuilles alors que les racines et les tiges demeurent actives et accumulent les nitrates (p. ex. gelée, grêle et parfois sécheresse).

On peut analyser les aliments douteux pour mesurer leur teneur en nitrates, qui est réduite par l'ensilage. À noter que l'ensilage de fourrage à forte teneur en nitrates peut produire un gaz mortel, le dioxyde d'azote (voir *Gaz d'ensilage*, p. 77).

### Crucifères fourragères : colza fourrager, chou fourrager et navet fourrager

Le colza fourrager, le chou fourrager et le navet fourrager font d'excellents pâturages de septembre à décembre. Pour plus d'information, voir le tableau 8-10, *Caractéristiques des couvre-sol cultivés en Ontario*, p. 148, ou la publication 19F du MAAARO, *La culture des pâturages*.

### Ray-grass annuel

Le ray-grass annuel est une graminée en touffe à croissance rapide qui convient à un vaste éventail de qualités de sols. Il repousse continuellement tout au long de la saison et peut être très productif s'il reçoit assez d'eau et d'azote. Espèce intéressante pour la production de mi-saison ou de fin de saison, le ray-grass offre cependant un rendement médiocre par temps chaud. Pendant les périodes où la pluviosité est insuffisante ou nulle, la croissance cesse et les plants peuvent même mourir.

Il existe deux types de ray-grass, qui se distinguent par leur type de croissance.

#### Le ray-grass d'Italie

Le ray-grass d'Italie est une plante bisannuelle ou vivace de courte durée, mais avec les conditions hivernales qui prévalent en Ontario, il se comporte comme une graminée annuelle. Il demeure végétatif et ne produit pas de tige porte-graine, mais il donne un feuillage fourni qui constitue un fourrage de qualité élevée. Il ne dépasse généralement pas 40 cm (16 po) et est difficile à récolter pour la production de foin sec.

#### Le ray-grass de type Westerwold

Le ray-grass de type Westerwold est une vraie graminée annuelle; il atteint 40 à 80 cm (16 à 32 po) de hauteur et convient donc au pâturage ou à la production de foin. Les cultivars de Westerwold atteignent une bonne hauteur et produisent des tiges, ce qui facilite la production de foin. Faucher à l'épiaison ou avant parce que la qualité fourragère diminue rapidement après ce stade.

Semer au début du printemps à raison de 20 à 25 kg/ha (18 à 22 lb/ac) avec un semoir à céréales ou un rouleau semeur (cultitasseur). Placer les semences, qui sont très légères, à une profondeur de 1 cm (½ po), utiliser un rouleau pour favoriser la levée par un bon contact avec le sol.

Espèce fourragère	Drainage du sol			
	Excellent	Bon	Passable à faible	Très faible
Luzerne				
Lotier corniculé				
Trèfle rouge				
Trèfle blanc				
Trèfle d'Alsike				
Mélilot				
Brome				
Fléole				
Alpiste roseau				
Dactyle pelotonné				
Ray-grass vivace				
Ray-grass annuel				
Fétuque élevée				
Fétuque des prés				
Fétuque rouge traçante				
Vulpin des prés				
Pâturin des prés				

Figure 3-1. Drainage du sol requis par les espèces fourragères

Le tableau 3-2, *Caractéristiques des cultures fourragères annuelles en Ontario*, page en regard, résume les particularités de toutes ces espèces.

### Choix des espèces

L'état du sol est souvent ce qui détermine le choix du mélange d'espèces à employer. Choisir les graminées après les légumineuses parce que celles-ci sont souvent plus sensibles au drainage et au pH. Une légumineuse qui persiste à long terme peut être préférable sur les sols en pente ou rocailleux. Pour trouver plus d'information sur la tolérance des légumineuses à diverses qualités de sol, voir *Légumineuses vivaces*, p. 51, et la figure 3-1, *Drainage du sol requis par les espèces fourragères*, sur cette page.

On cultive généralement les légumineuses en mélange avec au moins une graminée. Les principaux avantages d'un peuplement de légumineuses purs sont que les teneurs en protéines et en énergie alimentaire sont souvent plus élevées, que la qualité décroît plus lentement à l'approche de la maturité et qu'elle varie peu d'une coupe à l'autre. Sans une bonne gestion, les peuplements de légumineuses purs peuvent présenter les inconvénients suivants :

- présence accrue de mauvaises herbes;
- perte complète en cas de dommages graves causés par l'hiver;
- séchage plus lent pendant l'andainage;
- risque accru de verse;
- dans certaines conditions, moins grande sapidité.

Tableau 3-2. Caractéristiques des cultures fourragères annuelles en Ontario

Culture annuelle	Utilisation	Date de semis	Taux de semis (kg/ha)	Dose d'azote (kg/ha)	Rendement moyen (t de MS/ha)	Récolte
Avoine	Pâturage Fourrage vert Foin Ensilage	D'avril à août	80-100	30-50	2,5-4,5 5,5-8,5	De fin montaison à début épiaison D'épiaison à grain pâteux mou
Orge	Fourrage vert Ensilage	D'avril à juin	100-125	40-70	2,5-5,5 5,5-9,5	De fin montaison à début épiaison D'épiaison à grain pâteux mou
Avoine + pois ou triticale + pois	Ensilage	D'avril à juin	Avoine ou triticale : 80-100 pois : 50-75	20-30	2,5-5,0 6,0-9,0	De fin montaison à début épiaison D'épiaison à grain pâteux mou
Seigle d'automne	Pâturage	Du 15 au 31 août	150	50-80 au printemps	1,0-1,5	Faire brouter 7 semaines après semis ou en début de printemps
Triticale d'automne	Pâturage	Du 25 août au 10 septembre	100-125	80 au printemps	1,0-1,25	Faire brouter 7 semaines après semis ou en début de printemps
Soya	Ensilage	Du 20 mai au 10 juin	80-100	Aucune	6,0-9,0	Jaunissement des feuilles du bas
Luzerne annuelle	Foin Ensilage	Fin avril	13	Aucune	6,0-12,0	Fin du bourgeonnement, 5-6 semaines après coupe
Herbe du Soudan	Pâturage	Du 1 <sup>er</sup> au 15 juin	15-20	30-50	5,0-7,0	45 cm de hauteur
Hybrides sorgho-Soudan	Pâturage Fourrage vert Ensilage	Du 1 <sup>er</sup> au 15 juin	15-20	50-100	8,0-12,0	Montaison ou début épiaison
Sorgho fourrager	Ensilage Pâturage Fourrage vert	Du 1 <sup>er</sup> au 15 juin	14-15 (une coupe, rangs espacés) 10-30 (plusieurs coupes, rangs rapprochés)	100	7,0-9,0	Montaison ou début épiaison
Millet	Ensilage Pâturage Fourrage vert Foin	Du 1 <sup>er</sup> au 15 juin	14-20	35-55	4,0-6,0	Montaison ou début épiaison
Millet à chandelle	Ensilage Pâturage Fourrage vert Foin	Du 1 <sup>er</sup> au 15 juin	9-20		4,0-12,0	Montaison ou début épiaison
Colza fourrager	Pâturage Fourrage vert	Du 1 <sup>er</sup> au 15 juillet	2-6	45-70	7,0-9,0	10-12 semaines après semis
Chou fourrager	Pâturage Fourrage vert	Juin et juillet	2-6	45-70	9,0-12,0	10-15 semaines après semis
Navet fourrager	Pâturage	Du 1 <sup>er</sup> au 15 juillet	2-6	80-100	6,0-9,0	10-12 semaines après semis
Seigle annuel	Pâturage Fourrage vert Foin Ensilage	Avril et mai	20-30	Utiliser les doses du tableau 3-6, p. 66	8,0-12,0	Faucher ou faire brouter 6-8 semaines après semis

100 kg/ha = 90 bo/ac  
1 t/ha (0,45 tonne courte/ac)

## Choix des mélanges d'espèces

### Maturité des graminées pour la récolte

Dans le choix d'une graminée, le moment de la maturité est un facteur très important. Pour les espèces qui ont une épiaison précoce comme le dactyle pelotonné et l'alpiste roseau, récolter tôt, sinon la sapidité et la qualité du produit en souffriront. Si la récolte doit se faire plus tard, choisir plutôt une graminée à maturité plus tardive telle que la fléole. Ne pas oublier que le moment de la maturité diffère souvent beaucoup parmi les cultivars de la même espèce.

### Ratio légumineuse-graminée

Prendre en compte le ratio graminée-légumineuse souhaité dans le mélange. Si l'on peut accepter une teneur en protéines plus faible, comme dans les fourrages destinés à des bovins de boucherie ou à des veaux, opter pour une proportion de graminées plus élevée. Les mélanges contenant une plus forte proportion de graminées résistent généralement mieux aux invasions de mauvaises herbes, surtout de pissenlits. Si les conditions sont peu favorables à la survie des légumineuses, utiliser une plus grande proportion de graminées pour garantir le peuplement. Les espèces les plus envahissantes, comme le dactyle pelotonné, donnent une plus grande proportion de graminées, même si leur part est à peu près égale dans le mélange de semences.

### Nombre de coupes

La fléole n'envahit pas la luzerne; dans un régime à trois coupes, elle perd souvent de l'importance dans le peuplement et fournit très peu de fourrage à la deuxième et à la troisième coupes. Mélangé à la luzerne, le dactyle pelotonné produit plus à la mi-été que la fléole. Pour obtenir une forte proportion de graminées dans le mélange, surtout aux deuxième et troisième coupes, opter pour le dactyle pelotonné, une graminée agressive qui envahit la luzerne à mesure que le peuplement vieillit. Pour ce qui est de l'agressivité, le brome et l'alpiste roseau occupent une place intermédiaire entre la fléole et le dactyle pelotonné.

### Récolte précoce ou tardive

Le mode de gestion a un effet sur la concurrence entre les graminées et les légumineuses. Une récolte tardive, effectuée au moment de la floraison des graminées, favorise celles-ci par rapport aux légumineuses, notamment dans le cas de l'alpiste roseau. Coupé en fin de montaison, l'alpiste roseau n'envahit pas les légumineuses. Cependant, si on le laisse avoir une épiaison complète, il domine rapidement le peuplement. Cet aspect revêt une importance particulière dans les mélanges de lotier corniculé et de brome ou d'alpiste roseau; par conséquent, récolter dès le stade de montaison des graminées. Si cela n'est pas possible ou pratique, comme graminée, la fléole constitue un meilleur choix.

### Peuplement constitué uniquement de graminées

On ne cultive généralement pas les graminées en peuplements purs parce que leur rendement est faible en l'absence d'importants apports d'azote. (Voir *Gestion de la fertilisation*, p. 66). Même avec une fertilisation adéquate, certaines espèces de graminées donnent un faible rendement si le milieu de

l'été est chaud et sec. Toutefois, si l'état du sol (p. ex. mauvais drainage) empêche la culture de mélanges contenant des légumineuses, les peuplements de graminées purs peuvent être très productifs à condition que l'on choisisse les espèces et les programmes de fertilisation appropriés. Les peuplements constitués uniquement de graminées peuvent être plus productifs que les mélanges graminée-légumineuse dans certaines régions du nord l'Ontario.

Pour les aliments entreposés, on recommande habituellement d'utiliser une seule espèce de graminées. Lorsqu'on mélange deux ou trois espèces, il est pratiquement impossible qu'elles soient toutes prêtes en même temps pour la coupe. On mélange souvent la fléole avec des graminées qui s'établissent lentement, comme le brome et l'alpiste roseau.

### Choix des cultivars

Les cultivars de fourrage sont évalués chaque année à partir d'essais effectués dans différentes régions de l'Ontario. Les résultats sont publiés dans le rapport intitulé *Plantes fourragères – Comportement des variétés recommandées*, disponible dans les centres de ressources du MAAARO et affiché sur le site Web du Comité ontarien des cultures fourragères, [www.plant.uoguelph.ca/performance\\_recommendations/ofcc/ofcc.htm](http://www.plant.uoguelph.ca/performance_recommendations/ofcc/ofcc.htm). Ce document présente des informations sur le rendement de cultivars recommandés par rapport à des valeurs de référence, ainsi que d'autres paramètres tels que la persistance, la résistance aux maladies et aux insectes, la maturité et le taux de repousse.

Le tableau 3-3, *Mélanges recommandés pour le fourrage entreposé et le pâturage*, page en regard, résume les caractéristiques des espèces de fourrage vivaces et des mélanges cultivés en Ontario.

Toutes les semences fourragères vendues sous un nom de cultivar doivent être certifiées et porter l'étiquette bleue attestant le nom du cultivar. Les semences certifiées doivent répondre à certaines exigences concernant leur pouvoir germinatif et leur contenu en mauvaises herbes.

Sur le marché, certaines semences fourragères sont vendues sans nom et d'autres sous une marque de commerce. Il peut s'agir de mélanges de lots différents. Elles doivent aussi répondre à des exigences relatives au pouvoir germinatif et à la teneur en graines de mauvaises herbes, ces exigences étant cependant moins rigoureuses que pour les semences certifiées. Les semences sans nom ne font l'objet d'aucune garantie sur la résistance aux maladies et la persistance. Le rendement des peuplements établis à partir de semences vendues sans nom ou sous une simple marque de commerce est donc imprévisible et varie souvent d'une année à l'autre. Par conséquent, on recommande fortement l'utilisation de semences certifiées, la seule option qui garantisse le rendement, la persistance, la résistance aux maladies et le délai de maturité voulus.

Tableau 3-3. Mélanges recommandés pour le fourrage entreposé et le pâturage

Plantes	Taux de semis <sup>1</sup> (kg/ha)	Recommandé pour			Recommandations particulières
		Fourrage entreposé	Pâturage	Pâturage intensif	
1. Luzerne	13	X			Dans les sols bien drainés seulement. Plus facile à sécher comme ensilage que comme foin. Récolter au stade du bouton pour obtenir une meilleure valeur alimentaire.
2. Luzerne, fléole	13 1	X			Augmenter la quantité de semences de fléole jusqu'à 4 kg/ha pour obtenir une plus grande proportion de graminées et un meilleur séchage. La fléole assure la survie du peuplement là où la luzerne est vulnérable à la destruction par l'hiver. Récolter lorsque la fléole est au stade de montaison pour obtenir une qualité alimentaire élevée. Dans les régions qui reçoivent plus de 3 100 UTC et sur les sols exposés à une forte sécheresse, le brome est préférable à la fléole.
3. Luzerne, brome	11 9	X			Production de mi-été quelque peu supérieure à celle du mélange luzerne-fléole. Conserve mieux sa qualité à maturité que les mélanges contenant du dactyle pelotonné ou de la fléole. En raison de ses rhizomes, le peuplement de brome peut devenir plus dense avec le temps.
4. Luzerne, dactyle pelotonné	11 2	X		X	Choisir des cultivars tardifs de dactyle et des cultivars précoces de luzerne. Couper ou faire brouter tôt pour maintenir la qualité et la rapidité. Dans toutes les coupes, donne un pourcentage de graminées plus élevé que les mélanges à base de fléole ou de brome.
5. Luzerne, dactyle pelotonné et trèfle blanc	9 2 2	X		X	Comme au point 4. Pour une production optimale, il faut une bonne fertilisation et une bonne gestion du pâturage. La luzerne constitue une garantie contre la sécheresse prononcée, mais elle a besoin de plus longues périodes de repousse pour survivre.
6. Luzerne, fléole, brome et trèfle blanc	9 4 9 2	X		X	Convient bien aux combinaisons foin-pâturage.
7. Lotier corniculé, fléole	9 2	X	X		Utiliser de la fléole à maturité tardive.
8. Lotier corniculé, brome	9 4	X	X		Pour des peuplements de longue durée et une production précoce. Faire brouter tôt pour réduire la concurrence du brome. Bonne croissance du brome à l'automne.
9. Lotier corniculé, dactyle pelotonné	8 4			X	Bonne production précoce et en mi-saison. Faire brouter le dactyle pour réduire sa concurrence avec le lotier corniculé. De préférence, opter pour les cultivars de dactyle à maturité tardive.
10. Lotier corniculé, fétuque élevée <sup>2</sup>	8 10	X	X	X	Bonne production tout au long de la saison. Bonne croissance et bonne qualité de la fétuque élevée en automne.
11. Lotier corniculé, fétuque rouge traçante	8 6		X		Bonne production estivale et automnale. Excellente qualité en automne.
12. Trèfle rouge	11	X			Production à court terme d'ensilage préfané ou d'engrais vert à enfouir.
13. Trèfle rouge, fléole	7 6	X			Production d'ensilage préfané à court terme. Quand le trèfle disparaît, labourer ou fertiliser à l'azote pour maintenir la production.
14. Trèfle blanc, dactyle pelotonné	2 9			X	A utiliser pour les pâturages convenant au trèfle blanc. Pour une production optimale, il faut une bonne fertilisation, une humidité adéquate et une bonne gestion du pâturage. Dans les régions sèches, ajouter de la luzerne (voir le point 5 ci-dessus).

1 kg/ha = 0,9 lb/ac

<sup>1</sup> Pour un semis précoce dans un lit de semence ferme et à texture fine, ces taux peuvent être réduits de 25 %, sauf quand on emploie des semences enrobées.<sup>2</sup> Utiliser des semences exemptes d'endophytes.



## Méthodes de travail du sol

### Préparation du lit de semence

Le travail du sol a trois fonctions :

- produire un lit de semence ferme et nivelé qui permet une bonne maîtrise de la profondeur des semis;
- produire un lit de semence à texture fine qui permet un bon contact entre la semence et le sol;
- produire une surface lisse en vue des travaux de récolte.

Les semences fourragères étant très petites, pour pouvoir germer, elles doivent absolument être bien en contact avec le sol, surtout si celui-ci est sec. Un lit de semence meuble et grumeleux s'assèche rapidement et les mottes nuisent à la levée des plantules. Au moment des semis, le sol doit être assez ferme pour qu'une empreinte de pied ne s'enfonce pas de plus de 9 mm ( $\frac{3}{8}$  po).

Il peut être utile de tasser le sol avant de semer, surtout sur les loams sableux qui forment souvent un lit de semence « aéré ». Le tassage doit avoir lieu aussitôt que possible après le semis pour prévenir la perte excessive d'humidité. Dans les loams argileux, le labour d'automne facilite l'établissement des cultures fourragères. L'action du gel et du dégel sur ces sols facilite la préparation d'un lit de semence à texture fine le printemps suivant.

Sur les sols lourds labourés au printemps, il faut souvent énormément de travail pour produire un lit de semence à texture fine. Si on émiette trop finement les sols, une forte pluie peut créer une croûte superficielle qui gêne la levée, qui accroît les risques d'érosion et réduit l'infiltration de l'eau.

Le semis direct des cultures fourragères donne d'assez bons résultats lorsque le sol était lisse et nivelé après la culture précédente. La lutte contre les mauvaises herbes et la mise en place des semences sont deux volets importants. Là où il y a une épaisse couche de résidus en surface, les limaces peuvent endommager les plantules.

Cependant une couche épaisse de résidus végétaux protège davantage les sols sujets à l'érosion. Quoi qu'il en soit, dans les systèmes de travail réduit du sol, le matériel de semis doit pouvoir fonctionner malgré la quantité de résidus laissée en place, sans compromettre la mise en place des semences et tout en assurant un contact suffisant entre celles-ci et le sol.

## Établissement (semis)

Lorsqu'on choisit un terrain, déterminer s'il convient au mélange que l'on envisage de semer. Si le pH est faible, si le sol est mal drainé ou s'il y a des mauvaises herbes telles que le chiendent, il faut prendre des mesures correctives avant le semis.

### Période des semis

#### Semis de printemps

La meilleure période pour faire les semis de fourrages est le début du printemps, qu'il s'agisse de semis directs ou sous une culture-abri. Lorsque les semis ont lieu au printemps, le sol

est habituellement assez humide et les plants ont le temps de bien s'établir pour pouvoir survivre à l'hiver. Semer dès que le lit de semence peut être prêt, pour avoir une meilleure chance de profiter de pluies suffisamment abondantes et fréquentes pendant la période cruciale de germination.

#### Semis d'été

Les semis d'été peuvent être une solution de rechange viable aux semis de printemps. Des semis d'été peuvent normalement suivre une récolte de céréales d'automne ou de printemps. Les cultures-abris ne sont pas recommandées en semis d'été, parce qu'elles peuvent exercer une concurrence trop intense pour l'humidité disponible. Les semis d'été peuvent donner de bons résultats sur des sols légers, mais ils présentent davantage de risques dans les sols plus lourds.

#### Date de semis

Si l'on effectue les semis trop tôt en été, on augmente les risques de chaleur et de sécheresse pendant la germination et le développement des plantules. Si l'on sème trop tard, on augmente les risques qu'une gelée meurtrière survienne avant que les plantules de légumineuses n'aient le temps de bien s'établir et d'accumuler suffisamment de réserves dans leurs racines pour pouvoir passer l'hiver. Les légumineuses semées en septembre ou octobre survivent rarement à l'hiver parce que dans ce cas, les jeunes plants sont plus sujets au déchaussement. Même s'ils ne meurent pas, ils sont moins précoces et leur rendement est moins élevé. La luzerne a besoin d'environ six semaines de croissance après la germination pour résister à l'hiver; en général, si le collet se développe avant la première gelée meurtrière, le plant survit.

Effectuer les semis d'été avant les dates suivantes :

- plus de 3 100 UTC — du 10 au 20 août
- de 2 700 à 3 100 UTC — du 1<sup>er</sup> au 10 août
- moins de 2 700 UTC — du 20 au 30 juillet

Dans le cas du lotier corniculé, le développement des plantules est lent et les semis d'été sont donc généralement voués à l'échec. Les graminées à tige dressée semées en septembre peuvent réussir à s'établir, sauf l'alpiste roseau, qui est trop lent.

#### Préparation du lit de semence

Le contact entre le sol et la semence revêt une importance particulière lorsque l'été est sec. Un lit de semence meuble et grumeleux s'assèche rapidement. Le tassage peut contribuer à conserver l'humidité. En août, il peut être plus difficile de préparer un lit de semence à texture fine sur des loams argileux que sur des loams, des loams sableux ou des loams limoneux.

#### Déchaussement par le gel

Éviter les semis d'été dans les sols lourds où la luzerne a déjà été touchée par le déchaussement dû au gel.

#### Lutte contre les mauvaises herbes

Il est fréquent que la présence de mauvaises herbes annuelles hivernantes rende nécessaire l'épandage d'herbicides. Voir la publication 75F du MAAARO, *Guide de lutte contre les*

**Tableau 3-4.** Taux de semis recommandés pour les peuplements de légumineuses et les peuplements de graminées purs, et nombre approximatif de semences par unité de poids pour plusieurs espèces fourragères

Espèces	Taux de semis		N <sup>b</sup> re de semences/kg	N <sup>b</sup> re de semences/lb
	kg/ha	lb/ac		
Légumineuses				
Luzerne	13	11,5	440 000	200 000
Trèfle rouge	11	10	605 000	274 000
Trèfle blanc	—	—	1 760 000	798 000
Lotier corniculé	9	8	935 000	424 000
Mélilot	8-10	7-9	572 000	259 000
Trèfle d'Alsike	—	—	1 540 000	699 000
Graminées <sup>1</sup>				
Fléole	8-10	7-9	2 706 000	1 227 000
Dactyle pelotonné	8-10	7-9	1 439 000	653 000
Brome	10-14	9-12,5	300 000	136 000
Fétuques élevée et fétuque des prés	9-11	8-10	506 000	230 000
Fétuque des prés <sup>2</sup>	10-12	9-11	506 000	230 000
Ray-grass vivace	10-15	9-13,5	500 000	227 000
Alpiste roseau	10-12	9-13,5	1 173 000	532 000
Pâturin	—	—	4 790 000	2 173 000

<sup>1</sup> Pour un semis précoce dans un lit de semence ferme et à texture fine, ces taux peuvent être réduits de 25 %, sauf pour les semences enrobées.

<sup>2</sup> Utiliser des semences enrobées et semer avec la trémie du semoir.

mauvaises herbes, mais éviter un traitement à l'herbicide qui retarderait la croissance de la culture.

### Repousse de céréales

Comme les repousses de céréales sont parfois denses et compétitives, elles peuvent poser de sérieuses difficultés lors des semis d'été. L'avoine et l'orge sont détruites par l'hiver en novembre, mais le blé d'automne résiste jusqu'à la première coupe de l'année suivante. On peut travailler le sol pour réduire les problèmes causés par les repousses de céréales. Il existe des herbicides efficaces contre celles-ci, mais ils risquent de provoquer un stress chez les graminées fourragères du mélange ou de les éliminer également.

### Semis direct

Les semis directs d'été peuvent réussir si l'on prête une attention suffisante à la gestion des résidus, à la mise en place des semences et à la lutte contre les mauvaises herbes. Toutefois, il n'est pas recommandé d'employer le semis direct pour réensemencer un champ de luzerne existant en août en raison de l'autotoxicité de la luzerne (voir *Autotoxicité de la luzerne*, p. 65), des limaces et des maladies qui peuvent être présentes dans l'ancienne prairie.

### Taux et profondeur de semis

Les taux de semis recommandés au tableau 3-3, *Mélanges recommandés pour le fourrage entreposé et le pâturage*, p. 61, et au tableau 3-4, *Taux de semis recommandés pour les peuplements de légumineuses et les peuplements de graminées purs, et nombre approximatif de semences par unité de poids pour plusieurs espèces fourragères*, sur cette page, ont été calculés pour des conditions moyennes à bonnes. On peut réduire ces taux de 25 % lorsque la gestion est excellente et les conditions favorables

à l'établissement. Cependant, ne pas réduire les taux de semis lorsqu'on utilise des semences enrobées parce que celles-ci sont moins nombreuses par unité de poids. Les conditions médiocres (lit de semence irrégulier, culture-abri dense, etc.) ne peuvent être compensées par une augmentation des taux de semis.

La taille des semences peut varier entre les cultivars et les lots de semences d'un même cultivar. Calibrer soigneusement le semoir pour éviter de semer trop ou pas assez de semences. Voir le tableau 3-4, sur cette page.

En règle générale, on enfouit les semences de la plupart des fourrages à 6 à 12 mm ( $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{2}$  po) de profondeur dans les sols argileux et loameux, et à 12 à 18 mm ( $\frac{1}{2}$  à  $\frac{3}{4}$  po) dans les sols sableux.

Le pourcentage de levée baisse rapidement si les semences fourragères sont enfouies à plus de 20 mm ( $\frac{3}{4}$  po) de profondeur. Les semences de légumineuses semées en surface peuvent s'établir si les conditions d'humidité sont idéales après le semis. Les semences déposées en surface ont beaucoup plus de chances de s'établir si les semis ont lieu à la fin mars ou au début d'avril (y compris les semis sur sol gelé) qu'à la fin d'avril ou en mai.

### Matériel de semis

#### Semoir à céréales

Pour les semis de cultures fourragères, le dispositif le plus employé est le semoir à céréales muni d'une trémie pour semences de graminées. On peut se servir d'une trémie à graminées standard pour semer les graines de légumineuses et

les graines de graminées plus petites comme celles de la fléole et de l'alpiste roseau. Certains semoirs à céréales sont équipés d'une trémie supplémentaire conçue pour les graminées, comme le brome et le dactyle pelotonné, dont les graines plus grosses ne passent pas bien dans une trémie standard.

La plupart des semoirs sont équipés de tubes de descente montés sur la trémie à graminées. Pour épandre un engrais par le semoir à céréales, aligner les tubes de descente de façon que les semences tombent alignées, par-dessus l'engrais mis en place par le disque ouvre-sillons. Faire tomber les semences de 25 à 35 cm (10 à 14 po) derrière le disque ouvre-sillon de sorte qu'un peu de terre recouvre l'engrais avant l'arrivée de la semence; cela évite également d'enfouir les semences trop profondément.

Le tassage du sol après la mise en terre peut favoriser l'uniformité de la germination, surtout si le printemps est sec. Les roues plombeuses permettent de mieux recouvrir les semences fourragères et d'affermir le sol autour d'elles.

Si l'on ne dispose pas de roues plombeuses, on peut obtenir des résultats satisfaisants en tirant un rouleau ou des roues de recouvrement en caoutchouc derrière le semoir pour affermir le sol. L'utilisation du rouleau n'est pas recommandée lorsque le sol est mouillé, surtout sur les loams argileux où il y a des risques d'encroûtement.

### Semoirs cultitasseurs

Les semoirs cultitasseurs comme les Brillion peuvent très bien servir à semer des fourrages; ils sont équipés de trémies pour les semences de petit et de gros calibre. Le premier rouleau affermit et nivelle le sol, et il ouvre un sillon à la surface duquel la semence est ensuite déposée. Le deuxième rouleau enterre les semences et affermit le sol autour d'elles. Ce type de semoir permet une excellente maîtrise de la profondeur de semis et affermit bien le lit de semence. Il n'épand pas l'engrais et, de ce fait, le démarrage n'est pas stimulé comme après un épandage d'engrais en bandes réalisés par un semoir à céréales. C'est un inconvénient, surtout là où le sol a une teneur en phosphore faible ou moyen.

### Semoirs à la volée

Les semoirs à la volée permettent aussi de semer des fourrages. Leur principal avantage est la vitesse. Cependant ils permettent difficilement de maîtriser la profondeur des semis et il faut un tassage pour recouvrir les semences.

Il existe deux types de semoirs à la volée :

- Les semoirs à disques rotatifs peuvent donner une répartition inégale, surtout par temps venteux ou lorsque les mélanges sont composés de semences légères et de semences lourdes. Cette méthode de semis produit généralement des peuplements de moins bonne qualité et n'est donc pas recommandée.
- Les unités de distribution à air évitent les problèmes de vent et la ségrégation des semences tout en étant très rapides.

### Semoirs pour semis direct

Ce système peut donner de bons résultats avec les espèces fourragères, mais il a mené à quelques échecs. Pour assurer le succès de l'établissement, voir les directives suivantes :

- Veiller à la répartition uniforme des résidus, y compris de la paille;
- Éliminer les mauvaises herbes vivaces, notamment le chiendent, avant le semis. Prévenir l'apparition des mauvaises herbes annuelles dans les nouveaux semis;
- Ne pas semer à plus de 18 mm ( $\frac{3}{4}$  po) de profondeur dans les sols légers, ou de 12 mm ( $\frac{1}{2}$  po) dans les loams argileux. Vérifier que les ouvre-sillons placent les semences dans le sol et non dans les résidus de surface;
- Pour optimiser les résultats, faire les semis de printemps par semis direct dans les résidus de soya, de céréales et de maïs. Enlever la paille de la culture précédente pour améliorer la mise en place des semences;
- À l'automne, tuer le gazon dans les champs où l'on sèmera des légumineuses en semis directs au printemps. Éviter les endroits où le gazon dépassait 15 cm (6 po) au moment de la destruction chimique pour réduire les risques d'invasion d'insectes, de maladies et d'autotoxicité de la luzerne (voir *Autotoxicité de la luzerne*, page en regard).

### Semis avec culture-abri

Une bonne partie de la superficie consacrée aux cultures fourragères en Ontario est ensemencée avec une culture-abri qui exclut les mauvaises herbes annuelles et procure une protection relativement rapide contre l'érosion sur les terrains accidentés. L'inconvénient de la culture-abri est qu'elle fait concurrence aux fourrages pour l'humidité, la lumière et les éléments nutritifs. S'il l'un de ces facteurs fait défaut, la culture fourragère en souffre avant la culture de graminées.

### Récolte de la culture-abri comme céréale

Ce système de semis fournit une récolte de céréales et une autre de paille pendant l'établissement de la culture fourragère. La culture céréalière exerce une concurrence qui nuit à l'établissement et réduit les rendements subséquents de la culture fourragère, et elle n'est donc généralement pas recommandée. La verse de la culture-abri ou le retard de la mise en balles de la paille peuvent aussi compromettre l'établissement de la culture fourragère. Il ne faut donc pas perdre de vue que l'objectif principal du semis est l'établissement de la culture fourragère, tandis que la production de céréales et de paille est plutôt secondaire.

### Directives recommandées :

- Généralement, on utilise l'avoine, l'orge ou les céréales mélangées comme cultures-abri. Le blé de printemps et le triticale de printemps peuvent également servir de cultures-abri et exercent habituellement moins de concurrence à l'égard des semences fourragères. L'orge à six rangs est préférable à l'orge à deux rangs.
- En règle générale, pour réduire la concurrence au minimum, choisir le cultivar de céréale le plus hâtif et avec la tige la plus courte et la plus forte.

- Réduire les taux de semis des céréales de printemps à 60 ou 70 kg/ha.
- Réduire la dose d'engrais azoté ou de fumier pour éviter de produire une culture de céréales dense et sensible à la verse. Dans les conditions habituelles, ne pas épandre plus de 15 kg d'azote/ha sur les céréales de printemps.

### Récolte de la culture-abri pour l'ensilage

La récolte de la culture de céréales sous forme d'ensilage permet d'éviter certains des problèmes liés aux semis de fourrages sous une culture-abri de céréales tout en permettant la lutte contre les mauvaises herbes et contre l'érosion. La culture-abri est enlevée avant d'être touchée par la verse éventuelle et d'exercer une concurrence excessive pour la lumière et l'humidité.

Couper les céréales au stade qui correspond le mieux aux besoins nutritionnels du bétail. Pour obtenir une qualité nutritive élevée, récolter les céréales à la fin de la montaison. Le report de la récolte au moment de l'épiaison complète augmente le rendement, mais réduit la qualité du fourrage. Pour augmenter le rendement de l'ensilage, on peut utiliser le taux de semis des céréales et la dose d'azote employés normalement. Lorsque le sol demeure raisonnablement humide après la récolte, on a de bonnes chances de pouvoir faire une coupe de fourrage à la fin d'août dans les zones recevant 2 800 unités thermiques de croissance ou plus.

### Semis direct

Les semis de cultures fourragères sans culture-abri éliminent les risques qui en résultent pour l'établissement de l'espèce fourragère. Bien gérés, les peuplements fourragers en semis direct sont souvent plus fournis et plus uniformes. Cela est particulièrement vrai pour les espèces de fourrage comme le lotier corniculé, la luzerne et l'alpiste roseau, qui ne tolèrent pas les zones très ombragées. En l'absence d'une culture de céréales exerçant une concurrence pour l'humidité du sol, les semis directs sont moins vulnérables aux périodes de sécheresse de juin et juillet.

Les semis directs effectués au début du printemps peuvent donner une ou deux coupes de fourrage pendant l'année du semis, soit de 50 à 60 % du rendement d'un peuplement installé. Les semis directs de fourrages sont utiles lorsqu'il faut accroître rapidement la superficie à récolter pour compenser la destruction d'une culture par l'hiver ou pour combler des besoins accrus en fourrages.

En Ontario, le semis direct se pratique surtout :

- dans les loams ainsi que dans les loams limoneux et sableux;
- avec le lotier corniculé ou des mélanges à base de luzerne;
- dans les fermes laitières où l'azote provenant du fumier provoque souvent la verse des céréales;
- là où d'autres cultures combleraient les besoins en céréales et en paille.

Les semis directs ne connaissent pas le succès sur toutes les fermes. La concurrence des mauvaises herbes est plus intense

avec les semis directs qu'avec les sous-semis; voir le chapitre 12, *Lutte contre les mauvaises herbes*.

Pendant l'année du semis, les systèmes racinaires des cultures fourragères sont peu profonds et plus sensibles à la sécheresse que ceux des peuplements installés. Le stress dû à la sécheresse peut réduire la production à une coupe au lieu de deux, mais il ne réduit généralement pas la densité de peuplement.

Les semis directs effectués sur des loams argileux lourds obligent à apporter plus de soins à la préparation du lit de semence et aux semis. Les sols argileux, surtout lorsque le lit de semence est grumeleux, sont plus vulnérables à la sécheresse pendant la germination, ce qui réduit les chances de réussite de l'établissement. Ils sont également plus vulnérables à l'encroûtement et aux problèmes de levée si les semis sont suivis de fortes pluies.

### Autotoxicité de la luzerne

Il est très risqué de semer de la luzerne à la place d'un ancien peuplement de luzerne parce que celui-ci laisse une toxine qui inhibe la germination, le développement des racines et la croissance des nouvelles plantules de la même espèce. C'est ce qu'on appelle l'autotoxicité de la luzerne. Les racines des plants touchés sont gonflées, recourbées et décolorées, et elles n'ont pas de poils absorbants. Les effets ainsi produits sur la croissance des racines peuvent avoir des répercussions importantes sur les rendements pendant toute l'existence du peuplement.

Si l'on resème la luzerne dans les deux ou trois semaines après avoir tué un ancien peuplement, le nouveau peuplement germera mal et sera clairsemé. Un délai plus prolongé permet un établissement complet, mais les toxines peuvent persister pendant six mois et endommager les parties souterraines des nouveaux plants, ce qui limitera les rendements pendant toute la vie du peuplement. Pour obtenir un rendement maximal, si la luzerne a deux ans ou plus, il faut semer un autre type de culture et attendre un an avant de semer à nouveau de la luzerne.

Les toxines ne sont pas présentes la première année après les semis; les semis infructueux ou détruits par l'hiver peuvent donc être ressemés sans qu'il y ait risque d'autotoxicité. Cela est valable pour un semis d'été après l'échec d'un semis de printemps, ou un semis de printemps après l'échec d'un semis d'été.

Le semis sous couvert n'est pas recommandé pour augmenter la densité d'un peuplement de luzerne établi, parce que les chances de succès sont très minces. Souvent les nouveaux semis germent, semblent d'abord bien aller, puis meurent au cours de l'été. Il est parfois préférable de semer du trèfle rouge dans les zones clairsemées.

### Inoculation

Pour croître normalement, toutes les légumineuses doivent avoir des nodosités productrices d'azote dans leur système racinaire. Ces nodosités sont formées par la bactérie *Rhizobium*.



**Tableau 3-5.** Doses d'azote recommandées sur les cultures fourragères vivaces

Cultures	Quantité d'azote recommandée (kg/ha)
<b>Semis de légumineuses ou d'un mélange légumineuse-céréale</b>	
Sans culture-abri	0
Avec culture-abri	15
Pâturage non amélioré	50
Graminée de semence	90
<b>Foin ou pâturage</b>	
La moitié ou plus de légumineuses	0
Du tiers à la moitié de légumineuses	60
Graminées (moins d'un tiers de légumineuses)	(voir le tableau 3-6)
<b>100 kg/ha = 90 lb/ac</b>	

Pour produire une nodulation adéquate, chaque espèce de légumineuse (luzerne, trèfle, lotier corniculé) a besoin d'une souche de *Rhizobium* qui lui est propre. Si on sème une légumineuse pour la première fois dans un champ, la semence doit être inoculée avec la souche correspondante de bactérie *Rhizobium* avant le semis. L'utilisation de semences préinoculées donne des résultats satisfaisants, à condition que l'inoculant soit appliqué pendant la saison en cours. Comme l'inoculant doit être vivant, vérifier la date d'expiration et suivre les avertissements relatifs à la manipulation qui figurent sur l'emballage pour s'assurer d'une fixation adéquate de l'azote. Lorsqu'une légumineuse fourragère est semée régulièrement dans un champ comme culture dans la rotation, ces bactéries sont habituellement présentes dans le sol et elles devraient permettre une bonne nodulation. Le coût de la bactérie *Rhizobium* est peu élevé si on le compare à celui des semences. En cas de doute sur la présence de la bactérie *Rhizobium* dans le sol, inoculer les semences.

## Gestion de la fertilisation

### Azote

Les peuplements de cultures fourragères qui contiennent plus de 50 % de légumineuses n'ont pas besoin d'engrais azotés. Pour les quantités d'azote recommandées, voir le tableau 3-5, *Doses d'azote recommandées sur les cultures fourragères vivaces*, sur cette page, et le tableau 3-6, *Recommandations relatives aux apports d'azote pour pâturages ou prairies de fauche améliorés*, sur cette page.

Les peuplements de graminées contenant moins d'un tiers de légumineuses exigent de grandes quantités d'azote pour donner un rendement optimal. Si les conditions le permettent, il est généralement plus rentable de semer un mélange contenant des légumineuses. Il peut cependant être profitable d'ajouter de l'azote à des peuplements de graminées composés d'espèces productives comme le brome, le dactyle pelotonné ou la fléole, ce qui permet d'accroître également la teneur en protéines du fourrage. Les doses recommandées pour les graminées ont été calculées à partir du prix de l'azote et de la valeur du foin (voir le tableau 3-6, sur cette page). Pour le foin ou les pâturages, faire la première application aussitôt que possible au printemps, puis une deuxième après la première coupe et une troisième après la deuxième coupe.

**Tableau 3-6.** Recommandations relatives aux apports d'azote pour pâturages ou prairies de fauche améliorés

Application no <sup>1</sup>	Rapport coût de l'azote/prix du foin				
	10	15	20	25	30
<b>N nécessaire<sup>2</sup> (kg/ha)</b>					
1	140	120	100	80	70
2	110	90	70	50	30
3	90	75	60	45	30

**100 kg/ha = 90 lb/ac**

<sup>1</sup> Effectuer une première application avant le 10 mai et une deuxième après la première coupe. Effectuer une troisième application après la deuxième coupe, mais seulement si l'on compte faire une troisième coupe.

<sup>2</sup> Pour les fourrages à entreposer : si on utilise du fumier, réduire la dose d'engrais selon le type et la dose de fumier épandu (voir *Fumier*, p. 68). Pour les pâturages : réduire toutes les doses du tiers en raison de l'apport en urine et en fumier du bétail.

Pour éviter les risques de toxicité par les nitrates, ne pas épandre plus de 170 kg d'azote/ha (150 lb/ac) à la fois.

Les signes de carence en azote dans les fourrages sont le jaunissement généralisé et le rabougrissement des plants. Ces symptômes peuvent apparaître d'abord sur les parties basses des plants. Chez les légumineuses, la carence en azote résulte généralement d'une mauvaise nodulation ou du faible pH du sol, ou des deux.

### Rapport coût de l'azote/prix du foin

Le calcul de la dose d'engrais azoté la plus profitable dépend aussi de la relation entre le prix du foin et le coût de l'azote, ou rapport des prix azote/foin. On calcule cette valeur en divisant le coût de la fertilisation azotée (en dollars par kilogramme d'azote élémentaire) par le prix du foin (en dollars par kilogramme).

- a) Pour calculer le coût de fertilisation par kilogramme d'azote élémentaire, diviser le prix d'une tonne d'engrais par 10 fois la concentration d'azote (exprimée en pourcentage) de l'engrais, et ajouter les frais d'épandage.

$$\text{Coût de l'engrais azoté (\$/kg)} = \frac{\text{Coût de l'engrais azoté par tonne}}{10 \times (\text{pourcentage d'azote dans l'engrais})}$$

- b) Pour calculer la valeur du foin par kilogramme, diviser la valeur d'une tonne par 1 000. La valeur du foin peut être son prix de vente prévu, ou bien le prix de son remplacement par d'autres fourrages dans les rations.

- c) Pour calculer le rapport de prix azote/foin, diviser le prix d'un kilogramme d'azote par la valeur d'un kilogramme de foin.

$$\text{Rapport des prix azote/foin} = \frac{\text{Coût de l'azote/kg}}{\text{Valeur du foin/kg}}$$



**Tableau 3-7.** Doses de phosphate recommandées pour les cultures fourragères, d'après les analyses de sol reconnues par le MAAARO

Teneur en phosphore évaluée au bicarbonate de sodium (ppm)	Au semis avec ou sans culture-abri		Semis en bandes sans culture-abri <sup>1</sup>		Peuplements établis		Pâturages non améliorés	
	Cote <sup>1</sup>	Quantité de phosphate <sup>2</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) à appliquer (kg/ha)	Cote <sup>1</sup>	Quantité de phosphate <sup>2</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) à appliquer (kg/ha)	Cote <sup>1</sup>	Quantité de phosphate <sup>2</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) à appliquer (kg/ha)	Cote <sup>1</sup>	Quantité de phosphate <sup>2</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) à appliquer (kg/ha)
0-3		130		130		180		70
4-5	RÉ	110	RÉ	110	RÉ	120	RÉ	60
6-7		90		90		90		50
8-9		70		70		60		30
10-12		50		50		30		20
13-15	RM	30	RM	40	RM	20	RM	20
16-20		20		30		0		0
21-25		20		20		0		0
26-30		0		20		0		0
31-40	RF	0	RF	20	RTF	0	RTF	0
41-50		0		20		0		0
51-60	RTF	0	RTF	0		0		0
61+	RN	0	RN	0	RN	0	RN	0

100 kg/ha = 90 lb/ac

RÉ, RM, RF, RTF et RN indiquent la probabilité que la fertilisation soit rentable, à savoir respectivement : probabilité de rentabilité élevée, moyenne, faible, très faible et nulle. L'épandage d'éléments nutritifs est rentable lorsque l'accroissement de la valeur de la récolte créé par le gain de rendement ou de qualité dépasse le coût d'application de l'élément nutritif en question.

<sup>2</sup> Si on utilise du fumier, réduire les épandages d'engrais en fonction de la quantité et de la qualité du fumier (voir *Fumier*, p. 68).

<sup>1</sup> Seulement pour les semis en bandes effectués directement au-dessus de l'engrais enfoui.

## Phosphate et potasse

Les quantités recommandées de ces éléments sont indiquées au tableau 3-7, *Doses de phosphate recommandées pour les cultures fourragères, d'après les analyses de sol reconnues par le MAAARO*, sur cette page et au tableau 3-8, *Doses de potasse recommandées pour les cultures fourragères, d'après les analyses de sol reconnues par le MAAARO*, page suivante. Pour plus d'information sur la lecture de ces tableaux ou en l'absence d'une analyse de sol reconnue par le MAAARO, voir *Recommandations d'engrais*, p. 158.

Dans le cas d'un semis direct sur un sol nécessitant un apport de phosphate, l'établissement de la culture peut être amélioré par l'épandage d'un engrais riche en cet élément à 5 cm (2 po) sous la semence. À cette fin, on utilise un semoir à céréales muni d'une trémie pour engrais et d'une autre pour les semences de graminées. L'engrais est déposé par les disques ouvriers et les semences fourragères sont déposées sur un sol bien ferme, juste derrière les disques ouvriers. Habituellement, on conseille de tasser la surface du sol immédiatement après le semis.

La potasse peut améliorer davantage la longévité des fourrages si elle est ajoutée dans les six semaines précédant le début de la période de repos d'automne. La luzerne est parfois touchée par des carences en potasse qui se manifestent par l'apparition de petits points pâles sur les folioles. Ces points peuvent se trouver n'importe où sur la foliole, mais ils sont habituellement regroupés près des pourtours (planche 20, p. 282). Les

graminées et les trèfles sont beaucoup moins susceptibles de présenter des symptômes de carence en potassium. Le phosphate, si nécessaire, peut être appliqué en même temps que le potassium ou à un autre moment de l'année. Les symptômes de carence en phosphate sont rares et non spécifiques chez les cultures fourragères, mais dans le cas des légumineuses, ce peut être un rabougrissement et une faible survie à l'hiver.

## Analyse des tissus végétaux

Pour l'analyse des légumineuses fourragères, échantillonner chaque espèce séparément. Couper le plant à la hauteur de coupe normale, à la fin du stade du bouton. Consulter le tableau 3-9, *Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour la luzerne*, page suivante. Cependant les plants soupçonnés d'avoir une carence en éléments nutritifs devront être échantillonnés dès l'apparition des premiers symptômes. Pour l'échantillonnage fait à d'autres moments que l'épiaison et sur d'autres espèces que la luzerne, prélever les échantillons à la fois dans les zones déficientes et dans les zones saines du champ à des fins de comparaison. Prélever également un échantillon de sol au même endroit et au même moment que l'échantillon de tissu végétal.

**Tableau 3-8.** Doses de potasse recommandées pour les cultures fourragères, d'après les analyses de sol reconnues par le MAAARO

Teneur en potassium évaluée à l'acétate d'ammonium (ppm)	Cote <sup>1</sup>	Applications d'automne sur nouveaux semis et peuplements établis	
		Au semis avec ou sans culture-abri	Quantité de potassium (K <sub>2</sub> O) à appliquer kg/ha
0-15			480
16-30			400
31-45	RE		320
46-60		RE	270
61-80			200
81-100			130
101-120	RM		70
121-150		RM	20
151-180	RF		0
181-250	RTF		0
251+	RN <sup>2</sup>		0

100 kg/ha = 90 lb/ac

<sup>1</sup> RE, RM, RF, RTF et RN indiquent la probabilité que la fertilisation soit rentable, à savoir respectivement : probabilité de rentabilité élevée, moyenne, faible, très faible et nulle. L'épandage d'éléments nutritifs est rentable lorsque l'accroissement de la valeur de la récolte créée par le gain de rendement ou de qualité dépasse le coût d'application de l'élément nutritif en question.

<sup>2</sup> Si on utilise du fumier, réduire les épandages d'engrais en fonction de la quantité et de la qualité du fumier (voir *Fumier*, sur cette page).

<sup>3</sup> La cote RN peut correspondre à une perte de rendement ou de qualité des cultures principalement due à une déficience en magnésium. Les sols argileux et les loams argileux ont occasionnellement des teneurs naturelles en potassium supérieures à 251 ppm; cependant cela ne cause habituellement pas de problèmes parce que les sols riches en potassium sont également riches en magnésium.

## Oligo-éléments

### Bore

Le bore est important pour la luzerne, mais il n'est pas nécessaire d'en épandre sur tous les sols. La carence en bore apparaît surtout dans les sols sableux à pH élevé. On recommande d'épandre du bore sur tous les sols sableux, en particulier sur les loams et les loams sableux de la région située à l'est de l'escarpement du Niagara, jusqu'au comté de Frontenac inclus. La carence en bore est plus fréquente en cas de sécheresse, dans les sols qui s'assèchent rapidement.

Dans le cas de la luzerne, les premiers effets d'une carence en bore sont d'affaiblir la floraison et de réduire la formation des graines. À mesure que la carence s'accroît, les jeunes feuilles supérieures commencent à jaunir ou à rougir sur différents plants (planche 21, p. 282). La croissance de la luzerne peut être gravement compromise, tout comme sa résistance à l'hiver.

**Tableau 3-9.** Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour la luzerne

Élément nutritif	Unité	Concentration critique <sup>1</sup>	Concentration normale maximale <sup>2</sup>
Azote (N)	%	—	5,5
Phosphore (P)	%	0,20	0,5
Potassium (K)	%	1,70	3,5
Calcium (Ca)	%	—	4,0
Magnésium (Mg)	%	0,20	1,0
Soufre (S)	%	0,22	—
Bore (B)	ppm	20,0	90,0
Cuivre (Cu)	ppm	5,0	30,0
Manganèse (Mn)	ppm	20,0	100,0
Molybdène (Mo)	ppm	0,5	5,0
Zinc (Zn)	ppm	10,0	70,0

Ces valeurs se rapportent à un plant fauché à une hauteur de coupe normale à la fin du stade du bouton.

Prevoir une baisse de rendement due à une carence en un élément nutritif donne lorsque la concentration de ce dernier tombe au niveau critique ou sous celui-ci.

<sup>2</sup> Les concentrations maximales normales sont plus que suffisantes, mais ne causent pas forcément de toxicité.

Il est possible de corriger la carence en bore, ou encore de la prévenir, par un épandage annuel à la volée de 1 à 2 kg de bore/ha. Ne pas épandre le bore en bandes au semis.

Ne pas employer de mélanges engrais-herbicides en traitements foliaires, à moins que ce soit recommandé par des autorités compétentes. Pour plus de détails sur les carences en bore et sur les méthodes d'épandage, voir le site Web du MAAARO, [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

### Soufre

Rares sont les régions de l'Ontario où l'on a déjà observé une carence en soufre dans les cultures fourragères. Le soufre contenu dans les précipitations acides du nord-est et du sud de l'Ontario suffit aux besoins des cultures. On signale quelques cas de carence en soufre dans le nord-ouest de l'Ontario, sur les sols sableux contenant peu de matière organique. Les signes de carence en soufre sont semblables à ceux d'une carence en azote, soit un jaunissement général des plants.

### Autres oligo-éléments

Aucune carence en cuivre, en zinc ou en manganèse n'a jamais été observée dans les cultures fourragères en Ontario.

### Fumier

Le fumier est une excellente source d'éléments fertilisants qui peut remplacer les engrais chimiques. C'est aussi une excellente source d'azote pour les graminées et, lorsqu'on l'épand après

une première ou une deuxième coupe, il permet d'améliorer le rendement et la qualité des cultures fourragères. Appliquer du fumier liquide aussitôt que possible, après la récolte et avant la repousse. C'est sur les vieux peuplements de graminées-luzerne que les épandages donnent les meilleurs résultats. Ne pas épandre de fumier sur les légumineuses fourragères vivaces lorsqu'il y a de la neige au sol parce que la glace qui se forme souvent sous le fumier risquerait de détruire les plants.

### Chaulage

Les légumineuses ne tolèrent généralement pas les sols acides. Ceux-ci doivent être chaulés un an avant le semis, aux doses recommandées par les rapports d'analyse de sol (voir *Acidité du sol et chaulage*, p. 158). L'application de chaux sur des peuplements établis n'est généralement pas rentable.

## Récolte et entreposage

### Gestion des pâtures

Un pâturage bien géré fournit un fourrage abondant à faible coût. Pour optimiser la quantité de fourrage et le rendement du bétail, employer un système de rotation. Idéalement, dans un pâturage, le peuplement consommé par le bétail devrait contenir au moins 35 % de légumineuses. Le choix des espèces de cultures fourragères dépend en partie du drainage du sol et de sa texture. Il est souhaitable d'épandre 50 à 75 kg d'azote/ha sur les pâturages contenant moins de 35 % de légumineuses. L'épandage doit coïncider avec les bonnes conditions de croissance et avec le besoin de plus grandes quantités de pâturage. Pour dépasser cette quantité, faire plusieurs épandages.

### Pâturages tournants

Le moment de la mise à l'herbe de printemps doit être choisi en fonction de la croissance des graminées. Faire brouter les espèces précoces telles que le dactyle pelotonné assez tôt pour l'empêcher d'atteindre un stade de maturité trop avancé. Effectuer la rotation des pâturages assez rapidement. Plus l'herbe pousse vite, plus la rotation doit être rapide. Dans les pâturages tournants, il est important d'estimer le moment de déplacer le bétail en fonction du dernier enclos de la rotation. Vers le début de la saison de croissance, une rotation complète peut durer 20 jours. Vers la fin de la saison, pour permettre une repousse et un rétablissement suffisants, on peut devoir attendre 40 jours ou plus avant de revenir au même enclos.

### Prévention du ballonnement sur les pâturages

Les légumineuses peuvent provoquer le ballonnement chez les ruminants; plus les plantes sont jeunes, plus le risque est élevé. Lorsque le pâturage contient plus de 50 % de légumineuses, il est recommandé de prendre certaines mesures pour prévenir le ballonnement, par exemple :

- Faire en sorte que le bétail ait déjà consommé du fourrage avant d'arriver dans le pâturage;

- Amener le bétail au pâturage lorsque celui-ci est sec et non lorsqu'il est mouillé par la pluie ou par une rosée abondante au début de la matinée;
- Lui offrir du foin riche en tiges pour stimuler le rumen;
- Faire brouter les légumineuses lorsqu'elles sont en fleurs;
- Penser à employer un additif pour alimentation animale;
- Faire brouter de petites superficies à la fois (l'équivalent de la consommation d'une journée) pour inciter le bétail à manger les tiges en même temps que les feuilles météoriques.

Pour plus d'information sur la gestion des pâturages, voir la publication 19F du MAAARO, *La culture des pâturages*, qui est affichée sur le site Web du ministère à [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

### Qualité du fourrage

Pour ce qui est des espèces fourragères récoltées pour l'entreposage, c'est le type de bétail à nourrir qui détermine la qualité du fourrage. Celle-ci doit correspondre aux besoins nutritionnels des animaux. Un troupeau de vaches laitières très productives a besoin d'un fourrage de qualité, c'est-à-dire à forte teneur en énergie et en protéines digestibles. Les valeurs repères pour la luzerne destinée à des vaches laitières très productives sont 20 % de protéines brutes (PB), 30 % de fibres au détergent acide (ADF) et 40 % de fibres au détergent neutre (NDF). Pour les vaches de boucherie, le meilleur foin est plus avancé en maturité et d'un rendement plus élevé et, par conséquent, il a une teneur en protéines et une digestibilité plus faibles. Bon nombre de propriétaires de chevaux d'équitation préfèrent le foin à maturité plus avancée qui renferme davantage de graminées que n'en contient normalement le foin destiné aux vaches laitières, mais il doit absolument être exempt de dommages dus à la pluie, de moisissures et de poussières. Certains marchés exigent aussi que le foin ait une couleur verte et ne contienne aucune mauvaise herbe. Plus loin dans le présent texte, le terme « qualité alimentaire élevée » désigne une teneur élevée en protéines et en énergie digestibles.

Les analyses de laboratoire sur les fourrages sont indispensables pour la mise au point d'une ration alimentaire précise. La teneur en éléments nutritifs varie considérablement selon le type de fourrage, le degré de maturité à la coupe et la capacité de préservation.

Pour plus de renseignements sur l'interprétation des rapports d'analyse de fourrages, voir la fiche technique du MAAARO intitulée *Terminologie de la fabrication des aliments pour animaux et de la nutrition animale*, commande n° 08-040.

### Mesure de l'énergie digestible de l'ensilage du maïs

L'ensilage de maïs a la particularité d'allier deux composants très différents : les grains très humides et les épis débarrassés des grains. L'énergie digestible doit être élevée pour réduire le besoin en supplément de céréales. La teneur en NDF doit être faible et la valeur de digestibilité des fibres au détergent neutre (dNDF) doit être plus élevée pour accroître la prise alimentaire; c'est également le cas de l'énergie.

**Tableau 3-10.** Digestibilité et teneur en protéines de la luzerne et du brome à divers stades de maturité

Stade de maturité	Date	Digestibilité (%)		Teneur en protéines brutes (%)	
		Luzerne	Brome	Luzerne	Brome
Bouton moyen	4 juin	72,6	73,8	21,5	13,4
Début de floraison (sortie des épis)	20 juin	65,2	67,2	17,0	10,0
Floraison complète	30 juin	62,1	60,6	16,2	6,7
Premières graines	6 juillet	60,9	59,7	15,6	5,8

L'énergie digestible de l'ensilage de maïs dépend principalement des quantités relatives d'amidon et de NDF, et de leur digestibilité. Dans le passé, on évaluait l'énergie à partir de la ADF et la prise alimentaire à partir de la NDF, mais à elles seules ces valeurs ne prennent pas en compte la digestibilité. De nouvelles méthodes permettent de calculer l'énergie digestible de l'ensilage de maïs avec plus d'exactitude à partir des PB, des NDF, de la dNDF, de l'amidon, des cendres et des lipides. Il est également possible de calculer la digestibilité de l'amidon à partir du taux d'humidité, des cotes de conditionnement du grain (*kernel processing scores*, KPS) et d'autres tests de digestibilité effectués en laboratoire.

### Période de récolte du fourrage

La période de récolte est le facteur le plus important pour la production d'un fourrage de qualité alimentaire élevée. La valeur nutritive des cultures fourragères baisse au fur et à mesure qu'elles arrivent à maturité. Après le stade du bouton de la luzerne, la teneur en protéines diminue d'environ 0,2 % par jour et la digestibilité d'environ 0,4 % par jour (voir le tableau 3-10, *Digestibilité et teneur en protéines de la luzerne et du brome à divers stades de maturité*, sur cette page). Un petit retard dans la coupe du fourrage entraîne une forte réduction de sa qualité alimentaire. Bien sûr, les choses se compliquent lorsqu'il faut attendre une période de temps sec.

En règle générale, pour obtenir un foin de haute qualité, faire la première coupe entre le milieu et la fin du stade du bouton.

La période de récolte dépend des besoins nutritionnels du bétail. La coupe effectuée avant le stade du bouton ou au début de celui-ci réduit les rendements et peut augmenter les risques de perdre le peuplement. Une extrême faiblesse des teneurs en fibres peut entraîner des problèmes nutritionnels. Pour ce qui est des graminées, on atteint un compromis entre le rendement et la qualité au stade où l'épi est tout juste sorti. Le dactyle pelotonné atteint la maturité bien avant la fléole et le brome. Les retards dans la récolte du fourrage font augmenter le rendement et la rusticité, mais réduisent la qualité du fourrage. Pour les grandes superficies de fourrage, il est conseillé de commencer la coupe plus tôt pour s'assurer que ce qui est coupé en dernier est de bonne qualité.

La deuxième et la troisième coupes de luzerne peuvent se faire à intervalles d'environ 30 jours (milieu du stade du bouton) à

40 jours (début de floraison) ou plus, selon que l'on recherche une qualité élevée ou une rusticité et un rendement optimaux (voir *Destruction des cultures fourragères par l'hiver*, p. 78).

### Prévoir la qualité de la luzerne dans une culture sur pied

Les méthodes ci-dessous permettent de déterminer le moment du début de la première coupe de luzerne :

- date du calendrier;
- stade de développement (milieu du stade de bouton, stade du bouton complet, etc.);
- degrés-jours de croissance (DJC) (voir *Degrés-jours*, p. 180);
- échantillons coupés aux ciseaux;
- équations prédictives de la qualité de la luzerne (ÉPQL).

De nombreux producteurs fondent leurs décisions relatives à la coupe en se fondant sur la teneur en FDN comme principale variable de qualité. Pour les vaches laitières très productives, la teneur en FDN optimale de la luzerne pour la prise alimentaire et la fibre alimentaire est d'environ 40 %. Par temps chaud, la teneur en FDN peut augmenter d'environ 0,7 unité par jour, ce qui entraîne une diminution rapide de la qualité. D'une année à l'autre, la teneur en FDN peut accusé des écarts atteignant 10 % à la même date de coupe. La relation entre le stade phénologique (début ou fin du stade du bouton) et la teneur en FDN n'est pas toujours très précise. Certains laboratoires offrent des services d'analyse d'échantillons coupés aux ciseaux avec un temps de roulement court pour le suivi de la qualité des fourrages sur pied.

La méthode des ÉPQL consiste à calculer la teneur en FDN de la luzerne dans une culture sur pied à partir de la tige la plus longue et de la tige dont la maturité est la plus avancée. Les estimations de FDN par la méthode des ÉPQL sont inscrites sur une baguette à mesurer facile à lire et dont on peut se servir au champ. Cette méthode permet de prendre les décisions pour la coupe, mais elle ne saurait remplacer l'analyse des fourrages et l'équilibrage des rations. Pour plus de détails sur l'utilisation de la méthode des ÉPQL, voir l'information sur les équations prédictives, *Prévision de la qualité de la luzerne à l'aide des équations prédictives de la qualité de la luzerne*, affichée sur le site Web du MAAARO à l'adresse [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

### Foin sec

On peut conserver un maximum de valeur nutritive en réduisant autant que possible les pertes au champ et à l'entreposage. L'importance de chacun de ces types de pertes dépend grande partie de la teneur en eau du fourrage lorsqu'il est entreposé. L'entreposage de foin sec s'accompagne de pertes élevées au champ, mais de pertes relativement faibles à l'entreposage. Par contre, l'entreposage de fourrages pour l'ensilage préfané s'accompagne de pertes réduites au champ, mais de pertes plus importantes à l'entreposage (voir la figure 3-2, *Estimation des pertes de foin et d'ensilage préfané à la récolte et à l'entreposage*, page en regard).

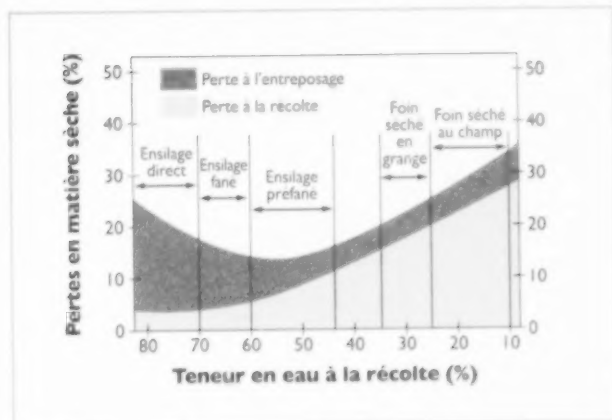


Figure 3-2. Estimation des pertes de foin et d'ensilage préfané à la récolte et à l'entreposage

Adapté de Hoglund, 1964.

Le séchage rapide est l'une des clés de la production de foin. En Ontario, les périodes sans pluie sont souvent très courtes; il faut donc toujours soit prendre le risque d'attendre que le foin soit assez sec pour faire les balles avant la prochaine pluie, soit faire les balles avant qu'il soit tout à fait assez sec et risquer d'obtenir un produit moisi et poussiéreux. Le conditionnement et l'andainage doivent aussi être effectués de façon à éviter une perte excessive des feuilles.

### Coupe et conditionnement

Les faucheuses à disques sont plus fiables que les faucheuses à barre de coupe lorsque le fourrage est versé ou dans des peuplements très denses. Les faucheuses à disques sont plus rapides et ont une plus grande capacité, mais elles coûtent plus cher.

Les conditionneurs de fourrage broient, crépent ou battent les tiges et en accélèrent ainsi le séchage. Un séchage plus rapide réduit les risques d'exposition à la pluie et synchronise le séchage des feuilles et des tiges, ce qui peut limiter l'effrèment des feuilles. Généralement, les graminées séchent plus rapidement que les légumineuses. Entretenir et régler les conditionneurs de façon à assurer un conditionnement optimal. Voir le manuel du propriétaire.

Après la coupe, laisser des andains aussi larges que possible pour accélérer le séchage et réduire ainsi la perte des sucres solubles par respiration. Les andains larges sont moins denses et moins humides, et leur surface d'évaporation exposée au soleil est plus importante. La plupart des faucheuses-conditionneuses permettent d'ajuster facilement leur largeur.

### Pertes à la récolte

Plusieurs types de pertes sont liés à la production de foin sec (moins de 20 % d'humidité). Comme les feuilles contiennent environ la moitié de la matière sèche et les deux tiers des protéines, leur perte a un effet prononcé sur la qualité et le rendement.

Tableau 3-11. Pertes potentielles à la fenaison

Source des pertes	Pertes en matière sèche (%)
Respiration	2-16
Coupe et conditionnement	2-5
Andainage	5-25
Mise en petites balles	3-8
Mise en grosses balles	1-15
Transport	1-10
Pertes potentielles totales	11-71

### Respiration

Même après la coupe, les fourrages continuent de respirer et de consommer des sucres jusqu'à ce que leur teneur en eau atteigne moins de 40 %. Lorsque les conditions permettent un séchage relativement rapide, ces pertes peuvent être réduites au minimum, soit 2 à 8 % de la matière sèche totale. Dans le cas contraire (température basse, humidité élevée, etc.), les plants prennent plus de temps à atteindre une teneur en eau de 40 % et les pertes de matière sèche peuvent atteindre 16 %.

### Altération dans l'andain

Sur du foin andainé, la pluie entretient la respiration et ajoute aux pertes. Les nutriments comme les sucres simples quittent les feuilles par lessivage et les pertes foliaires augmentent, ce qui réduit la digestibilité du produit. Il peut y avoir une augmentation de la concentration de protéines, mais la quantité de protéines produites par acre diminue, ainsi que leur digestibilité. L'altération sur pied a aussi pour effet de réduire la quantité de foin qui sera consommée par les animaux, et les dégâts dus à la pluie font augmenter la quantité de moisissures dans l'andain, ce qui peut nuire à la rapidité du foin et le rendre impropre au marché des chevaux.

### Pertes d'origine mécanique

Au fur et à mesure que le fourrage sèche, les feuilles et les petites tiges deviennent plus cassantes. Toute opération mécanique, comme l'andainage et le fanage, effectuée sur un produit contenant moins de 40 % d'eau, entraîne des pertes de feuilles. Les quantités de feuilles ainsi perdues s'accroissent au fur et à mesure que la teneur en humidité diminue. Si possible, andainer lorsque le foin est humide. S'il contient peu d'humidité, pour réduire les pertes de feuilles, andainer le matin pendant qu'il y a encore de la rosée, réduire la vitesse de rotation des râtaux et retourner les andains avec un vite-andain. Les faneuses sont plus souvent utilisées pour les prairies de graminées et peuvent provoquer d'importantes pertes de feuilles sur la luzerne à faible teneur en humidité. Pour réduire les pertes qui surviennent lors du ramassage par la presse à fourrage et dans la chambre de mise en balles, rassembler les andains légers à une teneur en eau plus élevée et en avançant à la vitesse maximale.

### Pertes potentielles à la fenaison

Le tableau 3-11, *Pertes potentielles à la fenaison*, sur cette page, résume les valeurs enregistrées lors de travaux de recherche.



**Tableau 3-12. Guide des teneurs en eau à l'entreposage**

Type de balles	Teneur en eau à l'entreposage (%)
Petites balles rectangulaires	15-18
Grosses balles rondes — centre moins dense	13-16
Grosses balles rondes — centre plus dense	12-15
Grosses balles rectangulaires	12-15

Source : Clarke et Stone, MAAARO, 1993.

### Pertes à l'entreposage

Le foin qui est assez sec et qui est entreposé sous un couvert protecteur subit normalement un minimum de pertes à l'entreposage. Ces pertes sont généralement liées à la manutention des balles pendant leur déplacement.

Le foin très humide présente des risques d'altération causée par les micro-organismes qui métabolisent les sucres et dégagent de la chaleur. L'importance des dommages subis dépend :

- de la teneur en eau du foin;
- de la densité des balles et de leur empilage plus ou moins serré dans la grange;
- de la température et de l'humidité de l'air ambiant.

Le tableau 3-12, *Guide des teneurs en eau à l'entreposage*, sur cette page, donne les valeurs à respecter pour l'entreposage de différents types de balles.

Si on entrepose les balles à l'intérieur ou si on recouvre les grosses balles, les pertes dues à l'altération sont considérablement réduites. Dans une balle ronde de 1,5 m (5 pi) de diamètre, 19 % du foin se trouve dans la couche externe de 15 cm (6 po) et 36 %, dans la couche externe de 30 cm (12 po). L'entreposage à l'extérieur doit se faire dans un endroit bien drainé. Voir la fiche technique du MAAARO, *Entreposage des grosses balles rondes*, commande n° 89-015, ou visiter le site Web [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

### Pertes à l'affouragement

Les pertes de foin sec à l'affouragement peuvent être assez importantes; elles peuvent atteindre 50 % lorsque des bovins sont affouragés sur le sol plutôt que dans une mangeoire. Les mangeoires coniques et circulaires produisent moins de pertes que les crèches ou les mangeoires mobiles.

### Échauffement du foin

La combustion du foin humide provoquée par son échauffement est communément appelée combustion spontanée. Ce phénomène survient lorsque qu'il y a suffisamment d'humidité, d'oxygène et de matière organique pour permettre la croissance de bactéries et de moisissures. Cette réaction peut être autonome. Les gaz produits s'enflamment lorsqu'ils deviennent assez chauds. Prendre soin de vérifier si le foin est assez sec pour être mis en balles ou entreposé. La combustion spontanée du foin survient habituellement pendant les deux premiers mois de l'entreposage.

Généralement, l'un des premiers signes d'échauffement du foin est une odeur de tabac à pipe, et parfois un dégagement de vapeur provenant de la grange. Pour vérifier la température du foin, on peut y plonger une sonde pointue dans laquelle on enfonce un thermomètre à confiserie attaché à une corde. Ne jamais mesurer la température sans être accompagné parce qu'il y a risque de chute dans les poches de feu qui ont pu se former.

Voici quelques repères utiles :

- 65 °C — Début de la zone dangereuse. Mesurer la température tous les jours.
- 70 °C — Danger! Inspecter toutes les quatre heures pour voir si la température monte.
- 80 °C — Possibilité de formation de poches de feu. Appeler le service des incendies.
- 100 °C — Situation critique! En présence d'oxygène, la combustion s'amorcera.

Si on n'a pas de thermomètre, on peut plonger une tige de fer ou de cuivre profondément dans le foin pendant une heure pour avoir une idée de sa température. Si la tige, une fois retirée, est presque trop chaude pour être tenue à mains nues, il y a lieu de s'inquiéter.

Voir la fiche technique du MAAARO, *Incendies de silo ou de grange à foin sur votre ferme*, commande n° 93-027a, ou visiter le site Web [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

### Agents de conservation du foin (acide propionique)

En Ontario, les conditions météorologiques ne sont pas toujours propices au séchage du foin au champ. Les produits de conservation à base d'acide propionique permettent de réduire les risques d'échauffement, de moisissures, d'altération et de pertes de matière sèche découlant de la formation de balles à une teneur élevée en humidité.

L'acide propionique est un acide organique qui a un effet fongicide; il inhibe donc la croissance des micro-organismes aérobies qui peuvent provoquer l'échauffement et la moisissure. L'acide propionique empêche la croissance des moisissures pendant que les balles « transpirent » et « sèchent » par dissipation et évaporation et s'approchent de taux d'humidité sans danger. Ne pas confondre les agents de conservation du foin à base d'acide propionique avec les enzymes, les inoculants bactériens ou les additifs alimentaires, qui sont différents par leur mode d'action et leur efficacité.

Les produits à base d'acide propionique sont homologués par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). Bien lire l'étiquette et respecter les concentrations et les doses indiquées. Les produits actuellement vendus dans le commerce sont tamponnés à un pH d'environ 6,0 et n'irritent pas les yeux et la peau comme le faisaient les anciens produits. Ils peuvent aussi contenir de l'acide acétique et citrique, des surfactants et des colorants.

Le foin traité à l'acide propionique tamponné ou avec d'autres produits à base d'acides organiques peuvent être donnés au bétail

sans danger. Les acides propionique et acétique sont des acides organiques également produits par les micro-organismes du rumen (et dans le cæcum et le colon des chevaux) pendant la digestion.

Comme la quantité d'agent de conservation à employer dépend de la teneur en eau du foin au moment de la mise en balles, il est essentiel de mesurer celle-ci avec précision. Les humidimètres à main peuvent ne pas être assez précis pour permettre de calculer convenablement la dose d'agent de conservation requise. À l'intérieur d'un même andain, les écarts de teneur en eau atteignent parfois 10 à 15 %, ce qui peut entraîner la formation de poches de matière humide qui ne seront pas adéquatement traitées. Pour calculer la fourchette de teneurs en eau, faire quelques balles de foin et prélever des échantillons à partir de celles-ci plutôt que de l'andain. Il y a une différence entre la teneur en eau moyenne et la teneur en eau maximale. Ajuster la dose d'agent de conservation en fonction de la valeur maximale et non de la moyenne.

Pulvériser l'acide propionique sur le foin au moment où il entre dans la presse à foin. Les systèmes de pulvérisation simples sont constitués d'un réservoir, d'une pompe et de buses. Il existe des systèmes informatisés comportant des capteurs d'humidité à l'intérieur de la chambre qui ajustent automatiquement les doses. Pratiquement toutes les grosses presses à foin produisant des balles rectangulaires sont ainsi équipées.

Pour plus de renseignements sur l'emploi de l'acide propionique pour la prévention de la moisissure dans le foin, voir le site Web du MAAARO à l'adresse [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

### **Traitement du foin de mauvaise qualité à l'ammoniac anhydre**

L'ammoniac anhydre est un agent de conservation qui permet d'accroître la teneur en protéines brutes et la digestibilité du foin de mauvaise qualité. La dose recommandée est de 1 % du poids du foin sec, dont la teneur en eau ne doit pas dépasser 30 %. De plus, il faut recouvrir le foin d'un plastique pour retenir l'ammoniac, à défaut de quoi l'effet de conservation ne sera que temporaire.

L'ammoniac anhydre n'est pas un agent de conservation aussi efficace que l'acide propionique et ne devrait pas être employé sur du foin de haute qualité. En effet, son utilisation sur du foin de haute qualité a déjà provoqué l'affolement des bovins, qui percutaient violemment des obstacles, étaient pris de convulsions et, parfois, mouraient. Ne pas donner de foin de qualité traité à l'ammoniac aux animaux qui ont des besoins nutritionnels importants comme les vaches en lactation.

### **Séchoirs à foin en grange**

Les systèmes de séchage en grange servent à la production de foin de qualité. Bien géré, un tel système permet de réduire la durée du préfanage au champ et donc le risque de pertes dues à la pluie; il limite aussi la chute des feuilles et élimine le danger d'incendie déclenché par la combustion spontanée (voir *Échauffement du foin*, page en regard). Le séchoir à foin en grange comporte un ventilateur et des conduites qui font circuler l'air extérieur

à travers le foin partiellement séché entreposé dans la grange; il élimine ainsi la chaleur et l'excès d'humidité et complète le processus de fanage qui a débuté au champ.

### **Foin pour chevaux**

Les paramètres de qualité du foin pour chevaux ne sont pas les mêmes que pour le bétail et les moutons. Bon nombre de propriétaires de chevaux jugent la qualité du foin principalement en fonction de l'absence de moisissure, de poussière et de mauvaises herbes, et de sa couleur verte. Le foin qui n'était pas assez sec au moment de la mise en balles moisit et devient poussiéreux, ce qui peut provoquer des problèmes respiratoires chez les chevaux. Le foin destiné aux chevaux ne doit pas avoir été exposé à la pluie. La plupart des chevaux n'ont pas besoin de foin riche en protéines, et dans de nombreux cas les chevaux d'équitation n'ont pas de grands besoins énergétiques. On leur donne souvent un mélange de foin-luzerne. Le foin pour chevaux peut être récolté plus tard dans la saison de fenaison, à un degré de maturité plus avancé; cela permet de disposer d'une certaine latitude pour la fenaison et de réduire les risques d'exposition à la pluie. Il s'ensuit un rendement accru en matière sèche, bien que le produit obtenu soit plus pauvre en protéines et en énergie.

Il y a souvent une demande pour du foin pour chevaux en petites balles rectangulaires parce que de nombreux propriétaires ne disposent pas de l'équipement nécessaire à la manutention de grosses balles. Il existe également un marché national et d'exportation en croissance pour les grosses balles rectangulaires. Pour plus d'information sur le foin à chevaux, voir le site Web du MAAARO à l'adresse [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

### **Ensilage préfané et ensilage de maïs**

L'entreposage du fourrage sous forme d'ensilage préfané plutôt qu'en balles présente divers avantages, notamment :

- réduction des pertes à la récolte;
- coûts de main-d'œuvre moins élevés en raison de la mécanisation de toutes les opérations;
- réduction de la dépendance à l'égard des bonnes conditions de séchage, ce qui permet de faucher la récolte au degré de maturité souhaité.

L'ensilage du maïs se pratique beaucoup du fait de son rendement, de la rapidité du produit et de sa teneur élevée en énergie, et parce qu'il peut être récolté en une seule fois.

### **Modes d'entreposage des ensilages**

Voici les modes d'entreposage les plus courants pour les ensilages :

- silo vertical (silo tour)
  - traditionnel (ouvert);
  - hermétique (limitant l'oxygène);
- silo horizontal
  - silo-couloir;
  - silo-meule;

- silo-boudin;
- grosses balles d'ensilage préfané (ensilage en balles).

### Moment de la récolte de l'ensilage de maïs

Pour obtenir un ensilage de maïs de qualité, le récolter à la bonne teneur en eau. Pour le maïs plante entière, c'est généralement à une teneur en humidité allant de 65 et 70 % que la fermentation de l'ensilage se fait dans les meilleures conditions et que le rendement de l'élevage est optimal. Cette teneur convient bien aux silos horizontaux et aux silos-boudins; cependant dans le cas des silos verticaux, l'ensilage doit être un peu plus sec si l'on veut prévenir le suintement. Voir *Maintien de la bonne teneur en eau*, page en regard.

### Ligne d'amidon

On se fonde souvent sur la « ligne d'amidon » des grains (ou « ligne de maturité ») pour évaluer le moment où il faut récolter le maïs à ensilage, mais cette méthode a certaines limites. Pour ce faire, casser un épi en deux et examiner les grains. Dès l'apparition de la dent (ligne d'amidon à 0 % de la hauteur du grain), il apparaît sur le grain une ligne blanche qui constitue la démarcation entre la zone laiteuse et la zone pâteuse. Elle se déplace du sommet du grain vers sa base au fur et à mesure que celui-ci approche de la maturité et s'assèche. Lorsqu'elle atteint la base (ligne d'amidon à 100 % de la hauteur du grain), un point noir apparaît. La recommandation habituelle est de récolter le maïs quand la ligne d'amidon se situe entre la moitié et les deux tiers de la hauteur du grain.

La correspondance entre le pourcentage indiqué par la hauteur de la ligne d'amidon et la teneur en eau de la plante entière est extrêmement variable. En effet, quand la ligne d'amidon est à la moitié de la hauteur du grain, la teneur en eau de la plante entière peut être, selon le cas, trop élevée ou beaucoup trop faible. Lorsque le temps est relativement sec, la teneur en eau de la plante entière peut être plus basse que prévu pour une hauteur donnée de la ligne d'amidon. De plus, la ligne d'amidon diffère d'un hybride à l'autre selon le caractère « tenue en vert ». En effet, une cote élevée pour ce caractère signifie que les grains séchent plus rapidement que les cannes. C'est souhaitable chez les hybrides de maïs-grain parce que, à mesure que le grain sèche, les tiges restent vertes et saines et elles sont moins vulnérables aux cassures et à la verse en fin de saison. Bon nombre d'hybrides destinés uniquement à l'ensilage ont une faible cote « tenue en vert », de sorte que le grain a une teneur relativement élevée en humidité par rapport à la plante entière. Le maïs à ensilage est moins touché par la verse parce qu'il est récolté plus tôt et que le grain a une teneur en eau plus élevée, ce qui accroît la digestibilité de l'amidon. Les hybrides dont la cote « tenue en vert » est élevée peuvent présenter une ligne d'amidon plus avancée par rapport à la teneur en eau de la plante entière. Par contre, les hybrides destinés à l'ensilage seulement qui ont une cote « tenue en vert » faible seront prêts à la récolte même si leur ligne d'amidon est moins avancée. S'adresser à un représentant d'un fournisseur de semences pour lui demander quelles sont les recommandations d'usage relatives à la ligne d'amidon pour un hybride donné.

### Mesure de la teneur en eau

La méthode la plus précise pour déterminer le moment de la récolte du maïs à ensilage consiste à mesurer sa teneur en eau.

- Prélever au moins dix plants du champ en évitant les tournières. Se méfier de la variabilité de l'humidité dans un même champ.
- Hacher un échantillon au moyen d'une récolteuse ou d'une déchiqueteuse mobile. Plus l'échantillon est haché finement, plus il sèche facilement et plus le résultat est précis.
- Utiliser un doseur d'humidité commercial pour fourrages et un four à micro-ondes ou faire appel à un laboratoire pour déterminer le pourcentage de matière sèche. Il se peut que les doseurs et les fours à micro-ondes n'enlèvent pas toute l'humidité résiduelle de l'échantillon, et ils peuvent même mener à une sous-estimation de la teneur d'environ 3 %.

Peu après l'apparition de la dent, lorsque la ligne d'amidon est à environ 20 %, il est possible de calculer la teneur en eau de la plante entière. Au cours d'une année normale, à ce stade, le maïs à ensilage perd environ 0,5 % d'humidité par jour. Ainsi, si l'échantillon a une teneur en eau de 70 % et que valeur cible est de 65 %, il faut récolter le maïs environ dix jours après l'échantillonnage. Le séchage est plus rapide les années sèches et que les années humides. Au besoin, vérifier la teneur en eau à nouveau avant la récolte.

### Fermentation de l'ensilage

Lorsqu'on met des fourrages dans un silo, le milieu est aérobie (l'ensilage contient de l'oxygène). Les bactéries aérobies dégradent les glucides et les sucres en dioxyde de carbone et en eau tout en produisant de la chaleur et en consommant l'oxygène piégé.

Une fois que l'oxygène est épuisé, l'ensilage devient anaérobie et propice à la croissance de bactéries anaérobies. Ces organismes transforment les glucides et les sucres en acides organiques qui permettent la conservation de l'ensilage. Ils dégradent aussi une certaine quantité de protéines en acides aminés, en ammoniac et en d'autres composés azotés non protéiques. Pendant ce processus, les acides font diminuer le pH, alors que la production d'ammoniac tend à le faire augmenter. La production d'ammoniac fait que le pH atteint une valeur stable au bout d'un délai plus long.

En deux ou trois semaines, il se stabilise entre 4,0 et 5,0, et toute activité bactérienne et enzymatique cesse. Une fois le pH stabilisé, il n'y a plus aucun risque de dégradation des éléments nutritifs ou d'altération, de sorte que l'ensilage peut se conserver pendant de longues périodes à condition que l'air n'y pénètre pas.

### Pertes d'ensilage liées à l'entreposage

La plupart des pertes d'ensilage liées à l'entreposage sont dues à une exposition à l'oxygène.

### Pertes dues à la respiration

Au moment de la récolte et de l'ensilage des plants, les cellules végétales continuent de respirer, ce qui entraîne une dégradation des sucres et autres glucides.

## Pertes dues à la fermentation

La fermentation primaire et secondaire provoque des pertes d'importance variable. Une période de fermentation prolongée peut entraîner une dégradation excessive des sucres. Certains types de bactéries sont moins efficaces que d'autres. À des teneurs en eau supérieures à 70 %, il peut y avoir une fermentation clostridiale qui produit de grandes quantités d'acide butyrique.

## Pertes par suintement

Lorsqu'on met du fourrage trop humide dans un silo, sous l'effet du poids de l'ensilage, un liquide peut s'en échapper et s'accumuler au fond du silo. Ces effluents entraînent des sucres et d'autres éléments nutritifs. De plus, ils peuvent provoquer une corrosion excessive des parois du silo et des tiges d'armature, et même causer l'effondrement du silo. Les effluents d'ensilage peuvent aussi tuer les poissons s'ils s'écoulent dans un cours d'eau. Consulter la fiche technique du MAAARO, *Le stockage des effluents d'ensilage*, commande n° 04-032, ou visiter le site Web [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

## Échauffement

L'échauffement des plantes provoque la combinaison des sucres et des protéines en composés indigestibles; il en résulte une « torréfaction » (brunissement de l'ensilage) et une réduction de la digestibilité des protéines. Dans des cas extrêmes, quand l'ensilage est trop sec ou que de l'air y pénètre continuellement, il y a risque d'incendie provoqué par une combustion spontanée. De tels incendies peuvent se déclarer à n'importe quel moment de l'année et sont pratiquement impossibles à éteindre.

## Détérioration superficielle

L'ensilage non couvert et peu compacté se gâte parce que l'exposition à l'oxygène provoque la croissance de micro-organismes aérobies (levures, moisissures et bactéries).

## Pertes liées à l'affouragement

La qualité de l'ensilage peut également diminuer lorsqu'on ouvre le silo pour servir le produit aux animaux. Ces pertes sont dues aux levures et aux moisissures qui s'activent quand l'ensilage est de nouveau exposé à l'oxygène. Des pertes secondaires peuvent survenir sur la surface exposée de l'ensilage ou lors de l'affouragement.

## Pratiques recommandées en matière d'ensilage Maintien de la bonne teneur en eau

- silo vertical traditionnel : 60 % à 65 %;
- silo horizontal : 60 % à 70 %;
- silo hermétique : 50 % à 60 %;
- silo-boudin : 60 % à 70 %;
- grosses balles d'ensilage préfané enveloppées : 40 % à 60 %.

Si l'ensilage est trop sec, il se tasse mal, l'air y pénètre, la fermentation se fait mal et il chauffe. Si l'ensilage préfané est devenu trop sec, couper des fourrages frais et continuer de remplir le silo en alternant les charges fraîches et sèches. L'arrosage ne permet pas d'accroître la teneur en humidité de

l'ensilage parce que celui-ci n'absorbe pas l'eau, qui s'écoule facilement; de plus, un boyau d'arrosage ne fournit pas assez d'eau pour permettre une amélioration significative. Le produit récolté à une teneur en eau supérieure à 70 % peut donner lieu à un suintement et à une fermentation clostridiale indésirable qui produit de l'acide butyrique et provoque d'importantes pertes de matière sèche; il en résulte également une dégradation de la valeur alimentaire, de la sapidité et de la prise alimentaire.

## Longueurs de coupe conseillées

Le hachage fin facilite le tassement et l'expulsion de l'air, mais l'ensilage ne doit pas être trop fin parce que cela nuit au fonctionnement du rumen. La longueur réelle des particules diffère de la longueur de coupe théorique (LCT); elle peut être vérifiée au moyen d'un séparateur.

De façon générale, la LCT de l'ensilage préfané doit être de 10 mm ( $\frac{7}{16}$  po). Par contre, un ensilage à faible teneur en eau pourrait nécessiter une LCT plus courte (6 mm ou  $\frac{1}{4}$  po) pour permettre un tassement adéquat. Bien qu'elle joue un rôle important dans le cas des silos verticaux et hermétiques, la longueur de coupe revêt probablement une importance encore plus grande dans les silos horizontaux. Les lames des récolteuses doivent être bien aiguisées et réglées convenablement. Il n'est pas conseillé de hacher plus fin que 6 mm ( $\frac{1}{4}$  po); cela n'améliore pas le tassement et nécessite plus d'énergie mécanique, et il peut en résulter des problèmes nutritionnels.

Les « éclateurs de grain » d'ensilage de maïs sont munis de rouleaux qui brisent les épis, ouvrent les grains et hachent les tiges. Avec les conditionneurs, la LCT recommandée est de 19 mm ( $\frac{3}{4}$  po), tandis que sans conditionneur, elle est de 10 mm ( $\frac{7}{16}$  po). En effet, il est peut-être préférable d'utiliser un éclateur de grain si le maïs est relativement sec, dur et texturé.

## Mise en silo rapide

Remplir le silo le plus rapidement possible afin d'accélérer la fermentation et de limiter l'altération. Si le remplissage est retardé de quelques jours, couvrir l'ensilage de plastique afin de réduire les risques de détérioration. Dans un silo vertical, l'ensilage ne se tasse que lorsqu'il atteint une certaine hauteur. La couche supérieure est moins dense et contient davantage d'air, ce qui peut provoquer un échauffement et une diminution de la qualité.

## Tassement dans les silos horizontaux

Remplir les silos horizontaux en allant de l'arrière vers l'avant et en formant un « coin avançant », et non de bas en haut. Au fur et à mesure du remplissage, tasser l'ensilage en couches relativement minces (15 cm ou 6 po) pour bien en expulser l'air. Il est essentiel de prendre le temps de tasser l'ensilage et d'utiliser un tracteur assez lourd. Il faudra peut-être utiliser plusieurs tracteurs afin d'augmenter le temps de tassement par tonne.

## Entretien des silos verticaux

Un silo vertical peut agir comme une cheminée; si l'air y pénètre, il est aspiré vers le haut à travers l'ensilage, ce qui peut entraîner la détérioration ou l'échauffement de celui-ci et, dans des cas extrêmes, provoquer un incendie. S'il y a des fissures dans les



parois ou des interstices autour des portes des silos, les calfeutrer ou les remettre en état afin de prévenir les entrées d'air. Si le fourrage est mal réparti, ses éléments légers s'accumulent le long de la paroi, ce qui empêche un bon tassement.

### Herméticité

- Il est crucial de couvrir hermétiquement un silo horizontal avec une toile de plastique opaque aux rayons UV de six mils pour ensilage, qui doit être solidement maintenue en place. On peut obtenir de très bons résultats avec de vieux pneus découpés et rapprochés les uns des autres, ou d'autres produits commerciaux. Si le plastique flotte au vent, il agit comme un soufflet et pousse l'air dans l'ensilage plutôt que de l'en exclure. Placer la toile de façon à éloigner l'eau de pluie de l'ensilage et pour l'empêcher de couler le long des parois et de s'accumuler au fond.
- Dans les silos verticaux traditionnels, la couche supérieure de l'ensilage est de faible densité et l'air peut y pénétrer. Pour réduire le risque de détérioration en attendant que la fermentation soit complète, couvrir l'ensilage de plastique lesté de quelques centimètres d'ensilage. Prendre les précautions nécessaires pour éviter la formation de gaz d'ensilage (voir *Gaz d'ensilage*, page en regard).
- Pour ce qui est des silos hermétiques, fermer les portes la nuit et durant les pauses de remplissage. Une fois le silo rempli, fermer immédiatement les portes.

### Fermentation complète

La fermentation de l'ensilage peut durer jusqu'à 21 jours. Pour garantir la stabilité de l'ensilage et maximiser la durée de conservation pour l'alimentation du bétail, ne pas prélever le contenu du silo avant que la fermentation soit achevée.

### Enlèvement rapide pour limiter la détérioration

La nouvelle exposition de l'ensilage à l'air lors de l'affouragement peut provoquer la croissance de moisissures, levures et bactéries aérobies. Si le débit d'approvisionnement est lent, les risques d'altération due aux organismes aérobies sont accrus. Par temps chaud et humide, il faut des débits d'approvisionnement plus grands pour éviter l'altération. Calculer la taille des silos en conséquence. Vider les silos verticaux à raison d'au moins 5 cm (2 po) par jour en hiver et de 7 à 10 cm (2 ½ à 4 po) par jour en été. Les silos horizontaux doivent être vidés d'au moins 10 à 15 cm (4 à 6 po) par jour selon la saison. L'affouragement d'ensilage moisi n'est pas recommandé parce qu'il réduit la prise alimentaire et peut causer des problèmes nutritionnels.

### Prévention de l'altération par la gestion de la surface de l'ensilage

La surface de l'ensilage doit rester compacte et lisse pour éviter la pénétration de l'air. Éviter de la briser en l'attaquant de face avec la chargeuse frontale et en soulevant. Au lieu de cela, racler de haut en bas avec la benne pour faire tomber le fourrage sur le sol. Il est également possible de se servir d'une tranche et d'un godet désileur. Ne découvrir et ne décompacter que la quantité d'ensilage nécessaire.

### Inoculants bactériens pour ensilage

Les inoculants pour ensilage sont des additifs contenant des bactéries lactiques anaérobies qui améliorent la fermentation de l'ensilage préfané (luzerne, graminées, céréales) et de l'ensilage de maïs. Le résultat recherché est une fermentation plus efficace produisant plus d'acide lactique et moins d'acide acétique, propionique et butyrique. On vise ainsi à réduire les pertes par fermentation (tassement) et à accroître le rendement des animaux ainsi que l'indice de conversion du fourrage. L'augmentation de la durée de conservation de l'ensilage dépend de son pH et de sa teneur en acide acétique.

Les bactéries lactiques les plus souvent employées dans les inoculants commerciaux sont *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium*, et plusieurs autres espèces de *Pediococcus* et de *Lactobacillus*. Ces espèces et certaines souches ont été sélectionnées pour leur croissance rapide et efficace et parce qu'elles produisent principalement de l'acide lactique. Elles font augmenter le taux de fermentation et provoquent une chute plus rapide du pH, dont la valeur finale est légèrement plus basse. Les proportions des produits de fermentation sont légèrement modifiées, avec plus d'acide lactique et moins d'acide acétique, d'éthanol et de dioxyde de carbone. L'acide lactique est plus fort que l'acide acétique et contient presque autant d'énergie que les sucres présents au départ.

Si la population naturelle de bactéries anaérobies est nombreuse, l'inoculant a moins de chances de dominer la fermentation et d'être efficace. La population naturelle s'accroît quand la température de flétrissement est plus élevée que la moyenne, quand l'ensilage prend plus de temps à flétrir, quand il pleut pendant le flétrissement et quand la teneur en eau est plus élevée au moment du hachage. L'application d'un inoculant pour ensilage ne compense pas les effets d'une mauvaise gestion de l'ensilage ou de conditions météorologiques défavorables. Les inoculants sont plus efficaces lorsqu'on les ajoute à du fourrage de haute qualité dans les meilleures conditions de gestion.

Les inoculants de bactéries lactiques sont habituellement moins efficaces sur l'ensilage de maïs que sur l'ensilage préfané. Pendant l'affouragement, l'ensilage de maïs est aussi plus susceptible d'être touché par les moisissures et les levures secondaires, d'où un raccourcissement de sa durée de conservation en silo. Lorsqu'elles sont exposées à l'oxygène, les levures préfèrent l'acide lactique alors que l'acide acétique peut les inhiber. C'est la raison pour laquelle des inoculants contenant *Lactobacillus buchneri* et des bactéries lactiques ont été créés pour le maïs d'ensilage et le maïs à haute teneur en humidité. Vers la fin de la fermentation, *L. buchneri* transforme l'acide lactique en une certaine quantité d'acide acétique, ce qui a pour effet de réduire la croissance des levures et l'altération à l'affouragement.

Tous les additifs destinés à la vente au Canada, y compris les inoculants pour ensilage, doivent être homologués par l'Agence canadienne d'inspection des aliments. Pour obtenir une homologation permanente, les fabricants doivent fournir des résultats de recherches à l'appui des allégations nutritionnelles figurant sur l'étiquette. Si, toutefois, des recherches ont été effectuées mais que leurs résultats ne sont pas concluants, les



**Tableau 3-13. Problèmes d'ensilage fréquents et leurs causes**

Problème	Causes
Ensilage chaud ou moisi	Faible teneur en eau Remplissage du silo trop lent Infiltrations d'air Mauvaise compaction Enlèvement de l'ensilage trop lent
Caramélisation (couleur foncée, odeur de tabac)	Échauffement dû à une faible teneur en eau ou à une mauvaise compaction
Ensilage gelé	Teneur en eau trop élevée Mauvaise fermentation
Odeur de vinaigre	Excès d'acide acétique provoqué par un faible taux de sucres dans les plantes ou une mauvaise fermentation
Suintement	Teneur en eau trop élevée
Odeur rance	Acide butyrique produit par une fermentation clostridiale due à une teneur en eau trop élevée
Odeur d'alcool	Fermentation par des levures due à l'enlèvement trop lent de l'ensilage, à la présence d'oxygène ou au manque de bactéries lactiques

produits peuvent être admissibles à une homologation temporaire d'une durée maximale de trois ans, ce qui permet d'effectuer d'autres études pour étayer une allégation nutritionnelle. Le numéro d'homologation temporaire commence par la lettre T. Demander aux représentants des fabricants de fournir des résultats de recherches indépendantes pour étayer leurs allégations. Il est important que le produit soit étiqueté en fonction de la culture à traiter et que les instructions d'entreposage soient suivies.

### Problèmes d'ensilage fréquents et leurs causes

L'ensilage peut donner lieu à plusieurs types de problèmes. Voir le tableau 3-13, *Problèmes d'ensilage fréquents et leurs causes*, sur cette page. Pour diagnostiquer les causes des problèmes possibles, on peut se fonder sur l'analyse du profil de fermentation, qui indique les quantités relatives d'acides lactique, acétique, butyrique et propionique, la teneur en ammoniac et le pH. L'analyse du profil de fermentation reflète la qualité du processus d'ensilage et elle permet d'améliorer les pratiques de gestion de l'ensilage à l'avenir.

### Gaz d'ensilage

Le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ) est un gaz asphyxiant dangereux produit par les réactions chimiques qui débutent presque immédiatement après la mise en place des végétaux dans le silo. Même une exposition de courte durée peut provoquer une mort subite chez l'humain. Le dioxyde d'azote a une odeur caractéristique d'eau de Javel et peut être visible sous la forme d'un brouillard brun rougeâtre. Comme il est plus lourd que l'air, il tend à stagner juste au-dessus de l'ensilage, il peut aussi descendre dans la chute du silo et se répandre dans la salle de préparation des aliments.

Les conditions météorologiques et les pratiques culturales ont une incidence sur la teneur en nitrates des matières végétales, qui détermine à son tour la production de  $\text{NO}_2$  dans le silo. Par

exemple, lorsqu'une pluie abondante succède à une période de sécheresse pendant la saison de croissance, le maïs sur pied a tendance à absorber de grandes quantités de nitrates dissous. S'il est récolté avant la transformation des nitrates en protéines, l'ensilage dégage de l'oxyde nitreux ( $\text{N}_2\text{O}$ ) et de l'oxyde nitrique ( $\text{NO}$ ). Le  $\text{NO}$  est instable et se combine avec l'oxygène pour former du dioxyde d'azote, un gaz mortel.

Quand il est inhalé, le  $\text{NO}_2$  se dissout au contact de la surface interne humide du poumon, et il produit de l'acide nitrique, un acide fort qui brûle les tissus des poumons en provoquant une hémorragie massive et la mort. L'exposition répétée à de faibles concentrations de  $\text{NO}_2$  cause des problèmes respiratoires chroniques dont l'essoufflement, la toux et la présence de liquide dans les poumons. En cas d'exposition, consulter immédiatement un médecin.

### Précautions et procédures relatives au gaz d'ensilage

- Placer un écriteau « *Attention – Gaz d'ensilage* » à un endroit bien en vue à côté du silo.
- Ne pas permettre aux enfants ni aux visiteurs de s'approcher du silo pendant les trois semaines qui suivent le remplissage.
- Demander au service local des incendies s'il possède dans son matériel de secours un appareil respiratoire par pression à distance. L'emploi d'un appareil autonome de plongée (scaphandre) ne convient pas parce que les réservoirs sont trop gros pour permettre de passer dans la chute du silo ou d'escalader la cage-échelle extérieure.
- Ventiler suffisamment la salle de préparation des aliments pour évacuer les gaz qui auraient pu s'y répandre à partir du silo.
- Pendant le remplissage, régler au besoin le répartiteur pour étaler l'ensilage de façon uniforme. Ne pas niveler l'ensilage à la main.
- S'il faut entrer dans le silo quand le remplissage est terminé, le faire immédiatement après la dernière charge, le jour même. Laisser la souffeuse à ensilage en marche quand on est à l'intérieur du silo.
- Ne pas tenter de pénétrer dans un silo sans être muni d'une corde de sauvetage tenue par le nombre de personnes nécessaires pour assurer sa sortie en cas de danger.
- Ne pénétrer dans un silo hermétique qu'en cas d'absolue nécessité, et seulement avec un appareil raccordé à une source d'air extérieure.
- La désileuse par le haut permet habituellement une bonne ventilation du silo. Par contre, s'il devient nécessaire de la réparer, agir comme si les gaz étaient présents. Pour évacuer ceux-ci avant d'entrer dans le silo, fermer les portes de la chute, ouvrir la trappe du toit et mettre en marche la souffeuse à ensilage. Si la hauteur libre entre l'ensilage et le toit est supérieure à 5 m (16 pi), fixer un adaptateur au conduit de la souffeuse. Dans un silo de 7,2 m (24 pi) de diamètre où la hauteur libre est de 5 à 10 m (16 à 33 pi), prolonger la durée de la ventilation. Laisser fonctionner la souffeuse tant que quelqu'un se trouve dans le silo.

Voir la fiche technique du MAAARO, *Gaz dangereux*, commande n° 04-088, ou visiter le site Web [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

Les grosses balles d'ensilage préfané (ensilage en balles) sont maintenant très employées pour l'entreposage de fourrage d'excellente qualité. La transformation de grosses balles en ensilage préfané permet une plus grande intensité et une meilleure régularité du calendrier de fauche, grâce à une moins grande dépendance à l'égard des conditions météorologiques. Certains agriculteurs en font leur principal système d'entreposage, mais ce peut être aussi une solution de rechange souple lorsque les silos sont pleins et que les conditions météorologiques ne permettent pas le séchage. En outre, ce système permet la production d'ensilage préfané à tige longue. Pour ce faire, on utilise des sacs ou des emballages en plastique.

La mise en balles de l'ensilage préfané se fait à l'aide d'appareils tels que des presses à balles rondes ou rectangulaires, facilement disponibles. L'affouragement de l'ensilage en balles peut se faire avec le même matériel que pour les grosses balles de foin sec. Il est ainsi possible de faire un nombre plus ou moins grand de grosses balles selon les conditions météorologiques. Cependant il sera peut-être nécessaire d'avoir des machines plus lourdes et des tracteurs à quatre roues motrices pour manipuler les balles d'ensilage, qui sont plus pesantes.

Le coût et l'élimination des pellicules de plastique sont des sujets de préoccupation importants. Les coûts sont justifiés si l'on considère l'amélioration de la teneur en protéines et en énergie du fourrage entreposé, et l'importance de la forme d'entreposage comme telle. Pour calculer les coûts et avantages du système, il faut tenir compte de la réduction des pertes de récolte, et de l'amélioration de la qualité du fourrage qui est rendue possible par l'avancement de la date de récolte. Voir la fiche technique du MAAARO, *Le recyclage des films plastiques utilisés sur la ferme*, commande n° 95-020, ou visiter le site Web [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

La fermentation des grosses balles d'ensilage préfané est incomplète ou se fait moins bien, ce qui fait augmenter le pH (c'est-à-dire que l'ensilage est moins acide) et rend cet ensilage moins stable que l'ensilage préfané. Il faut donc accorder plus d'importance aux bonnes techniques d'ensilage, surtout en ce qui concerne l'expulsion de l'oxygène. Ajuster la durée de l'entreposage et la durée de l'exposition des balles à l'oxygène avant l'affouragement en fonction des conditions météorologiques.

Suivre les pratiques de gestion suivantes :

- Faire des balles denses, fermes et uniformes. Les grosses balles rectangulaires sont généralement plus denses que les rondes.
- Faire les balles à un taux d'humidité de 40 à 50 %. Les taux d'humidité plus faibles peuvent donner de bons résultats, notamment avec les grosses balles rectangulaires convenablement enveloppées dans du plastique, mais dans ce cas les risques d'altération sont plus grands.
- Utiliser assez de plastique. Les balles doivent être emballées hermétiquement avec au moins 6 mils de pellicule de plastique (6 emballages de 1 mil ou 4 emballages de 1,5 mil). Pour que la pellicule résiste aux déchirures, il est préférable de choisir une épaisseur de 8 mils, notamment dans le cas des balles les plus sèches.

- Emballer les balles rondes dans les 2 heures qui suivent leur confection par temps chaud et dans les 4 à 12 heures lorsqu'il fait plus frais. Les grosses balles rectangulaires supportent mieux les retards d'emballage.
- Éviter d'emballer du foin qui a été sous la pluie.
- Ne pas ratisser pour éviter la contamination par les bactéries *Clostridium*. Ne pas mettre de terre dans l'andain avec le râteau.
- Éviter les champs où l'on a étendu du fumier depuis la coupe précédente.
- Éviter le foin mûr à faible teneur en sucres.
- Bien réparer toutes les déchirures et les perforations du plastique.

Voir *Maintenir la qualité de l'ensilage en grosses balles*, commande n° 98-070, ou visiter le site Web du MAAARO, à l'adresse [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

## Autres problèmes liés aux cultures

### Insectes et maladies

Après des infections et des infestations graves d'insectes qui nuisent à la vigueur du peuplement, font diminuer les réserves racinaires et ralentissent la repousse, les chances de survie à l'hiver sont réduites. La lutte contre la cicadelle de la pomme de terre peut contribuer de façon importante à la réduction des dommages dus à l'hiver, en particulier l'année des semis (voir *Cicadelle de la pomme de terre*, p. 215).

La figure 3-3, *Calendrier de dépistage des ennemis des cultures fourragères*, page en regard, indique les maladies et les insectes qui peuvent causer les symptômes observés dans le champ. Les descriptions de chacun des déprédateurs et maladies et des stratégies de dépistage et de prévention se trouvent au chapitre 13, *Déprédateurs des grandes cultures*, et au chapitre 14, *Maladies des grandes cultures*.

Les traitements recommandés pour la lutte contre les insectes, les ravageurs et les maladies sont présentés dans la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.

### Destruction des cultures fourragères par l'hiver

La destruction des peuplements de fourrages par l'hiver peut avoir des répercussions graves sur les exploitations d'élevage et devenir un facteur limitant pour la production de luzerne. En effet, elle peut faire diminuer la qualité des aliments pour le bétail, provoquer des pénuries, interrompre la rotation des cultures, et entraîner des coûts supplémentaires au chapitre de la reprise des semis. Dans la production de fourrages, il est parfois difficile de concilier les exigences contradictoires liées à la qualité, au rendement et à la longévité. Déterminer la longévité souhaitée des fourrages et gérer les risques en conséquence.

Voici quelques importantes causes de destruction :

- l'étouffement dû aux inondations ou à la formation d'une couche de glace;
- le déchaussement dû au cycle gel-dégel et à une déficience du drainage;

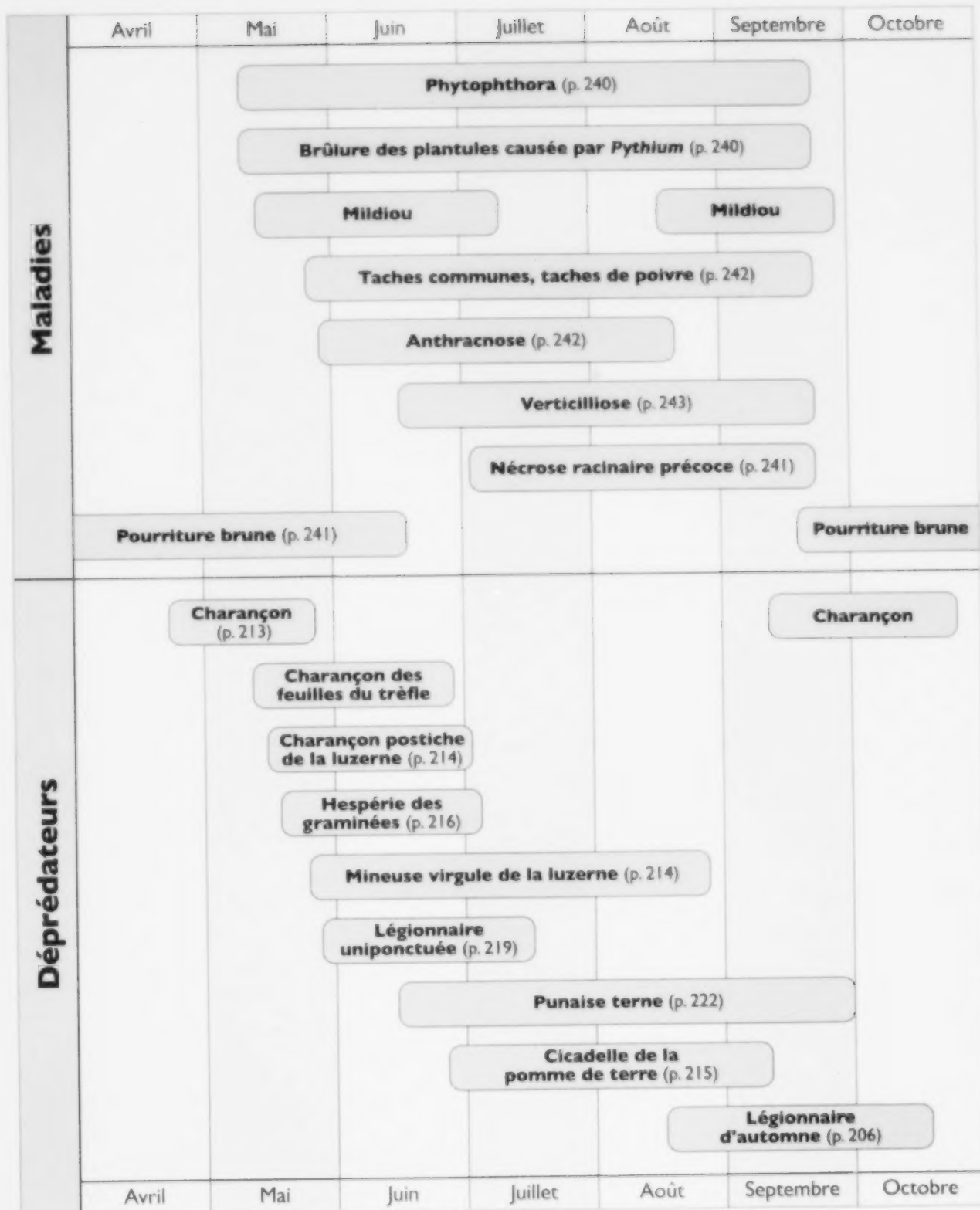
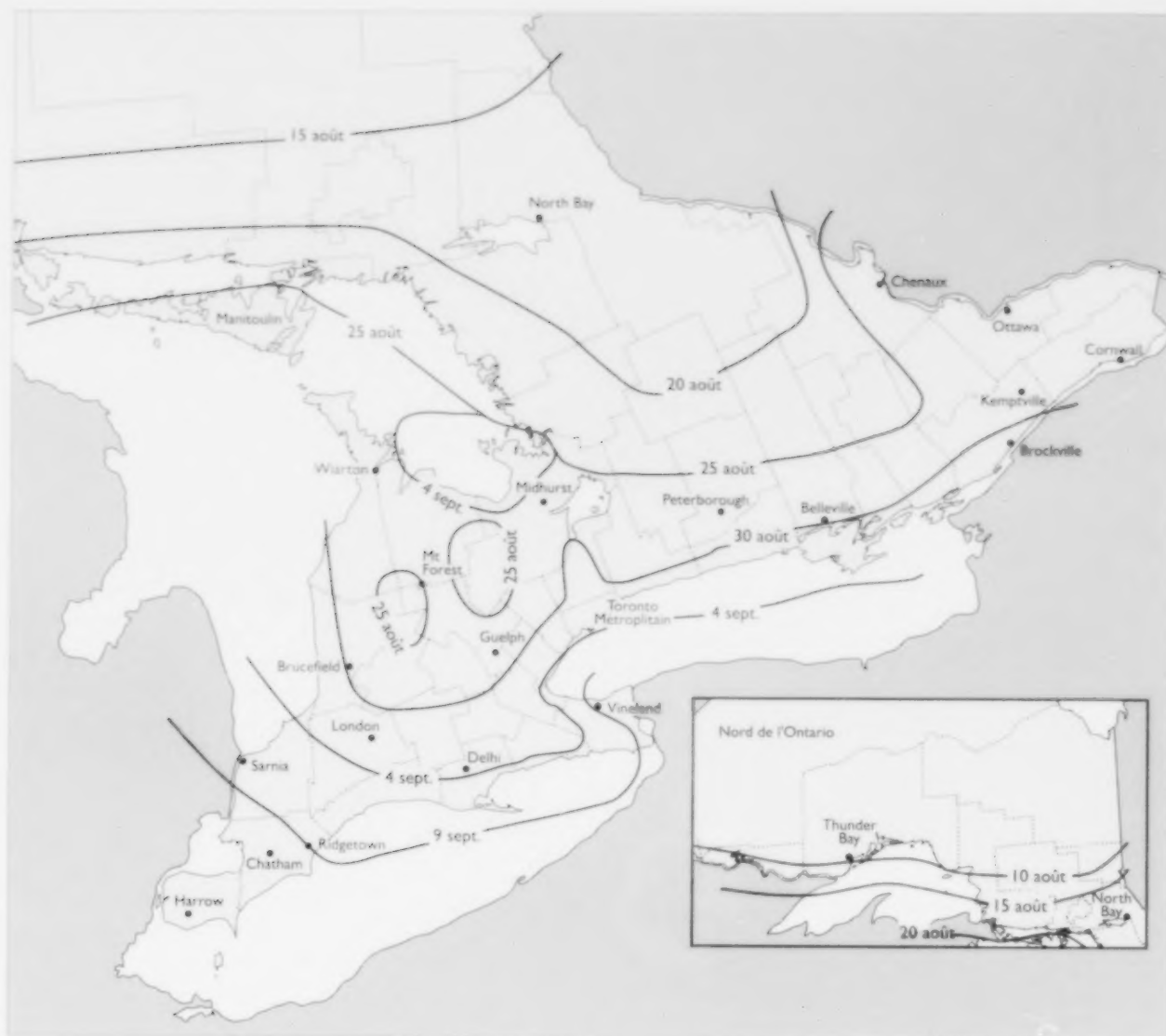


Figure 3-3. Calendrier de dépistage des ennemis des cultures fourragères



**Figure 3-4.** Début de la période critique de récolte d'automne pour la luzerne

- les dommages aux racines causés par le froid;
- une fertilité médiocre;
- une mauvaise gestion du fauchage;
- les maladies et les insectes.

Certaines espèces de fourrage sont plus résistantes que d'autres. Les risques de destruction par l'hiver concernent surtout la luzerne. Par exemple, des légumineuses telles que le lotier corniculé, le trèfle rouge, le trèfle blanc sauvage et le trèfle d'Alsike tolèrent mieux les conditions hivernales que la luzerne et le trèfle ladino. Les graminées telles que la fléole, l'alpiste roseau, le pâturin et le brome sont rarement détruites par l'hiver; par conséquent, l'emploi de mélanges contenant ces espèces constitue une sorte d'assurance sur le peuplement. À noter que le dactyle pelotonné et le ray-grass vivace sont plus susceptibles d'être tués par le froid ou les accumulations de glace.

L'endurcissement est le processus d'acquisition de la résistance au froid qui est provoqué par le raccourcissement des jours et la baisse des températures en automne. À ce moment-là, les plants emmagasinent des glucides dans leur collet et leur racine pivotante. L'amidon est converti en sucres et les plants perdent de l'eau cellulaire, ce qui les protège de la gelée. En automne, les longues périodes de temps frais, sec et ensoleillé sont propices à l'endurcissement des plants avant l'hiver.

### **Facteurs influençant la survie à l'hiver**

#### ***Période critique de récolte d'automne pour la luzerne***

Lorsque la récolte a lieu avant la période critique de récolte d'automne (ou période de repos automnal), elle laisse aux plants le temps de repousser et d'emmagasiner suffisamment d'énergie dans leurs racines. La luzerne a besoin de ces réserves pour résister à l'hiver, pour accroître sa longévité, ainsi que pour assurer une

croissance vigoureuse au printemps et un bon rendement à la première coupe. La période critique de récolte d'automne dure environ six semaines avant la date moyenne de gel meurtrier, et elle varie d'un endroit à l'autre. Voir la figure 3-4, *Début de la période critique de récolte d'automne pour la luzerne*, page en regard, pour connaître les dates dans chaque région. Si la récolte de la luzerne a lieu au cours de cette période, elle réduit ses chances de survie à l'hiver; il faut donc évaluer ce risque en fonction des besoins immédiats en fourrage. Généralement, le rendement que l'on sacrifie en ne récoltant pas la luzerne au cours de cette période est facilement compensé par le rendement de la première coupe l'année suivante. Voir la fiche technique du MAAARO, *Risques de destruction de la luzerne par l'hiver*, commande n° 91-077, ou visiter le site Web [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

Avant de récolter la luzerne au cours des six semaines qui suivent la date indiquée sur la carte pour la région, évaluer les risques connexes liés à la longévité et aux rendements futurs.

### Cultivars de luzerne tolérants à l'hiver

Voir le rapport intitulé *Plantes fourragères – Comportement des variétés recommandées* disponible dans les centres de ressources du MAAARO et affiché sur le Web (en anglais) à [www.uoguelph.ca/plant/performance\\_recommendations/ofcc/ofcc.htm](http://www.uoguelph.ca/plant/performance_recommendations/ofcc/ofcc.htm). Pour la luzerne, des indices de rendement élevés à la troisième et la quatrième années reflètent une longévité relative élevée. Il s'agit d'une évaluation composite de plusieurs caractéristiques de production, notamment le rendement et la résistance à l'hiver, au froid et à la maladie. En général, les cultivars cotés résistants ou très résistants à la maladie sont moins vulnérables à la destruction par l'hiver.

### Couverture de neige

Une couverture de neige suffisante, c'est-à-dire d'au moins 15 cm (6 po), isole le collet et les racines de la luzerne aux températures modérées. Lorsqu'il n'y a pas suffisamment de neige, le collet de la luzerne peut être exposé à des températures inférieures à -15 °C; les cellules végétatives sont alors endommagées et les plants finissent par mourir. L'effet isolant de la neige réduit également les fluctuations de température et les risques de déchaussement. L'hiver, en l'absence d'une couverture de neige, ces fluctuations (températures minimales sous le point de congélation et températures maximales supérieures à 5 °C) peuvent interrompre la dormance et rendre les plants encore plus vulnérables à la gelée.

### Couche de glace

La fonte rapide des neiges suivie de températures froides peut entraîner la formation de couches de glace qui étouffent les plants en les privant d'oxygène. Comme elle est peu isolante, la glace ne protège pas les collets de la luzerne, qui peuvent alors être endommagés par le gel.

### Repousse d'automne

Après une forte gelée d'automne, on peut faucher la luzerne sans que cela ait une incidence sur les réserves racinaires, mais cela comporte des inconvénients. Si la repousse d'automne n'est pas fauchée, elle retient la neige qui isole le sol du froid. Le chaume perce aussi la glace et protège ainsi les plants de luzerne en facilitant la circulation de l'air et la respiration. La repousse d'automne de la luzerne ne cause pas l'étouffement comme le font les couches de glace; cependant ce n'est pas le cas pour les graminées.

### Drainage du sol

Le drainage du sol, tant superficiel que souterrain, est indispensable à la survie de la luzerne à l'hiver. Un déchaussement peut se produire dans les sols lourds mal drainés ou la répétition du cycle gel-dégel soulève la racine pivotante (voir planche 22, p. 282). Les plants qui ont été déchaussés de plus de 2,5 cm (1 po) séchent, leur racine pivotante et leurs racinelles cassent, et leur collet est surelevé. À la longue, ils meurent ou sont gravement rabougris. Le drainage superficiel revêt plus d'importance quand le terrain est plat; en effet, quand le sol est gelé, l'eau ne s'écoule pas et forme des couches de glace.

### Gestion du fauchage

Les fauches fréquentes et rapprochées stressent la luzerne et, par le fait même, réduisent ses chances de survie à l'hiver et son potentiel de rendement à la première coupe de l'année suivante. À l'inverse, si les fauches sont très espacées, les plants peuvent reconstituer leurs réserves et ont de meilleures chances de survivre à l'hiver. Certains producteurs mettent l'accent sur des peuplements à rendement élevé, fauchés fréquemment, de qualité supérieure et qui durent trois ans, et ils accordent moins d'importance à la longévité de la luzerne. Si les coupes sont espacées de moins de 35 jours, les risques de destruction par l'hiver sont plus importants. Pour rechercher un compromis entre la qualité de la luzerne et sa survie à l'hiver, on peut laisser le peuplement fleurir un peu avant la dernière coupe afin de permettre l'accumulation de réserves racinaires suffisantes.

### Fertilité et pH du sol

La faible teneur du sol en potassium est l'un des principaux facteurs de réduction des peuplements de luzerne, en particulier de ceux semés dans des loams et des loams sableux. En présence d'un taux de potassium suffisant dans le sol, la luzerne peut emmagasiner dans ses racines suffisamment de glucides qui la protègent contre le froid, et qui constituent également une réserve d'énergie permettant une croissance vigoureuse au printemps. Échantillonner régulièrement le sol des champs de fourrages et le fertiliser conformément aux recommandations. Appliquer le fertilisant avant le début de la période critique de récolte d'automne afin de permettre aux plants d'absorber ce dont ils ont besoin.

Toutefois, une concentration de potassium élevée peut entraîner l'absorption de quantités excessives de cet élément par la luzerne et, subséquemment, des problèmes nutritionnels lorsque le fourrage sera servi aux vaches laitières avant la mise bas. Dans



**Tableau 3-14.** Densités souhaitables des peuplements de luzerne

	Nombre de plants	
	Plants par m <sup>2</sup>	Plants par pi <sup>2</sup>
Nouveau semis	215	20 +
1 <sup>re</sup> année	129-215	12-20
2 <sup>e</sup> année	86-129	8-12
3 <sup>e</sup> année et plus	54	5

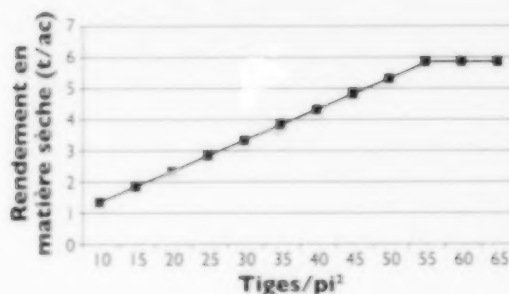
les sols dont la teneur est supérieure à 150 ppm, l'application de potassium n'est pas recommandée parce qu'elle n'améliore pas significativement la résistance de la luzerne à l'hiver.

Une carence en bore peut également mener au rabougrissement de la luzerne pendant les sécheresses de la mi-été, de sorte que les plants sont moins résistants au début de l'hiver. Quant aux sols dont le pH est faible, ajouter de la chaux l'année précédant le semis (voir *Gestion de la fertilisation*, p. 66).

### Évaluation des chances de survie à l'hiver d'un peuplement de luzerne

Bien qu'il soit possible d'évaluer le rendement potentiel en comptant les plants ou les tiges par mètre carré, il est extrêmement important de prendre en compte la santé du collet et des racines. Les comptes de tiges sont plus précis que les comptes de plants, mais au début du printemps, il n'est parfois possible que de compter les collets. Se préparer à remplacer un vieux peuplement s'il contient moins de 43 plants/m<sup>2</sup> (4 plants/pi<sup>2</sup>). Voir le tableau 3-14, *Densités souhaitables des peuplements de luzerne*, sur cette page.

Déterrer plusieurs plants afin d'évaluer la santé du collet et des racines. Les collets sains sont gros et symétriques et portent de nombreuses pousses. Ouvrir une racine en la coupant dans le sens de la longueur. Les racines saines sont blanches ou crème à l'intérieur, et elles sont fermes et dures à peler quand on les gratte avec l'ongle. Les racines et le collet des plants mourants sont décolorés et leur texture est spongieuse. Vérifier la vigueur des nouvelles pousses ou des bourgeons. Les plants dont la racine pivotante a été cassée par le déchaussement peuvent verdier, mais ils finiront par mourir. Ceux qui sont légèrement déchaussés peuvent survivre, mais leur longévité et leur productivité seront réduites.



**Figure 3-5.** Rendement potentiel de la luzerne selon le nombre de tiges par unité de surface

Source : Undersander et Cosgrove, University of Wisconsin, 1992.

Quand la luzerne mesure environ 15 cm (6 po) de hauteur, on peut mesurer la densité du peuplement en nombre de tiges par mètre carré (ou par pied carré). Une densité de 590 tiges/m<sup>2</sup> (55 tiges/pi<sup>2</sup>) présente un bon potentiel de rendement (voir la figure 3-5, *Rendement potentiel de la luzerne selon le nombre de tiges par unité de surface*, sur cette page). Il pourrait y avoir des pertes de rendement si la densité des tiges se situait entre 431 et 539/m<sup>2</sup> (de 40 à 50/pi<sup>2</sup>).

Penser à remplacer le peuplement s'il y a moins de 430 tiges/m<sup>2</sup> (40 tiges/pi<sup>2</sup>) et si la santé du collet et des racines est médiocre.

Parmi les autres éléments à prendre en compte en ce qui concerne le maintien ou le remplacement d'un peuplement fourrager, citons les besoins et les inventaires de fourrages, les semis d'autres types de fourrages, la quantité d'herbe laissée dans le peuplement, les exigences liées à la rotation et la pression exercée par les mauvaises herbes.





## 4. Céréales

Les céréales font partie intégrante de la production agricole de l'Ontario, où elles occupent environ 25 % des terres arables (605 000 ha ou 1,5 million d'acres). Pour les producteurs, elles offrent de nombreux avantages dont d'excellentes perspectives de profit, une amélioration marquée de la structure du sol et des possibilités de gestion du fumier. En présence d'une bonne gestion, les céréales donnent de très bons résultats; avec une attention suffisante portée aux détails, elles constituent l'une des productions végétales les plus rentables.

### Travail du sol

#### Méthodes de travail du sol

Les céréales sont peu sensibles au choix de la méthode de travail du sol. Dans une recherche effectuée à cet effet sur le blé d'automne, on n'a pu démontrer aucun écart de rendement entre le labour à la charrue à socs, le travail réduit et le semis direct (voir le tableau 4-11, *Écartement des rangs de blé d'automne*, p. 95). Les rendements dépendent peu de la méthode de travail du sol, mais un bon contact sol-semence et le taux d'humidité du sol sont essentiels à la germination.

Le choix de la méthode de travail du sol a des répercussions sur d'autres aspects du système cultural. Pour que les cultures puissent donner des rendements élevés et être rentables, tenir compte des facteurs tels que la fertilité du sol, la pression exercée par les insectes, l'incidence de la maladie et la lutte contre les mauvaises herbes. Les risques accrus de déchaussement par le gel et de moisissure des neiges comptent parmi les inconvénients associés à un travail du sol plus intensif dans les cultures d'automne. L'érosion est à craindre dans toutes les cultures soumises au travail du sol.

Il existe d'autres options pour la mise en terre de céréales :

- semis direct;
- méthode traditionnelle;
- semis sur sol gelé;
- semis aérien de céréales d'automne;
- semis à la volée.

#### Semis direct

La plupart des cultures de blé d'automne sont semées par semis direct. Les rendements ainsi obtenus sont souvent équivalents à ceux des méthodes traditionnelles. Les semoirs à semis direct peuvent suivre la moissonneuse-batteuse dans le même champ, ce qui permet d'avancer les dates de semis et d'augmenter les rendements. Les plants de céréales d'automne en semis direct résistent mieux au déchaussement par le gel parce qu'ils sont ancrés dans un sol plus ferme.

Tableau 4-1. Rendement du blé d'automne selon la méthode de travail du sol

Méthode de travail du sol	Rendement comparatif <sup>1</sup>		N <sup>o</sup> de comparaisons	Avantage économique par rapport au travail réduit \$/ac
	g/ha	bo/ac		
Travail réduit du sol c. charrue à socs	5,2 c. 5,1	77,5 c. 75,4	12	15,31
Semis direct c. charrue à socs	4,8 c. 5,0	71,7 c. 74,9	36	18,85
Semis direct c. travail réduit	4,4 c. 4,3	65,0 c. 64,6	22	7,55

Source : Base de données Tillage Ontario

<sup>1</sup> Les rendements moyens varient parce que les comparaisons sont faites en différents endroits.

Pour ce qui est du semis direct, prendre en compte la gestion des engrais, la capacité du semoir et la lutte contre les mauvaises herbes. Par comparaison avec celles qui sont cultivées par la méthode traditionnelle, les céréales soumises au semis direct réagissent mieux à l'application d'un engrais de démarrage avec les semis, notamment de phosphore.

Les cultures en semis direct sans engrais de démarrage sont souvent touchées par le « syndrome du rang de maïs » : les plants de blé qui poussent sur l'emplacement des rangs de maïs sont beaucoup plus hauts et plus vigoureux que ceux qui se trouvent dans les anciens entre-rangs. Cela s'explique principalement par la meilleure biodisponibilité du phosphore provenant de l'engrais de démarrage qui avait été épandu en bandes dans le maïs, même si cela remonte à deux ou trois ans avant la culture de blé. Dans les champs ayant reçu 58 kg de supplément de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (100 lb de phosphate monoammonique/ac), cette variabilité de la croissance du blé a disparu. L'ajout de faibles doses de P avec un engrais de démarrage liquide a eu pour effet d'atténuer ce phénomène sans l'éliminer (voir le tableau 4-2, *Syndrome du rang de maïs*, page suivante, et la planche 23, p. 282). Le blé d'automne est l'une des cultures qui répond le mieux à l'épandage de phosphore. C'est ce qui apparaît au tableau 4-3, *Effet des doses d'engrais sur le rendement*, page suivante, qui résume les comparaisons effectuées pendant quatre ans sur des champs de fertilité très variable.

Le contact sol-semence est essentiel à l'absorption de l'humidité. Les semoirs de semis direct doivent pouvoir traverser les résidus et pénétrer le sol dur pour placer les semences avec précision. Le semoir peut être équipé de roues plombées ou de dispositifs tasseurs en plastique recourbés comme des bâtons de hockey qui poussent les graines au fond de la raie, améliorent le contact sol-semence et assurent une profondeur de semis plus uniforme.

**Tableau 4-2.** Syndrome du rang de maïs

	Teneur du sol en phosphore	Taille en cm (po)	Teneur des tissus en phosphore : % de P (base de matière sèche)	Rendement t/ha (bo/ac)
Sur le rang	19	107 (42)	0,16	5,13 (76,3)
Dans l'entre-rang	9	89 (35)	0,12	4,51 (67,1)

Données recueillies par le MAAARO dans huit localités de l'Ontario.

Dans les systèmes de semis direct, la lutte contre les mauvaises herbes joue un rôle fondamental. Effectuer systématiquement une destruction chimique avant les semis pour assurer une maîtrise du pissenlit et des autres espèces annuelles d'automne. Voir la publication 75F du MAAARO, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*, pour connaître les recommandations sur la destruction chimique. Pour réduire l'incidence de la maladie, traiter les semences à l'aide d'un fongicide. Pour plus d'information sur le traitement des semences, voir la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.

Dans les sols secs, l'ajout ou l'utilisation de coultres peut présenter un intérêt si l'on pratique le semis direct. Dans les sols secs et durs, un léger ameublissement facilite et accélère le développement des racines et la croissance. Lors d'automne pluvieux, un léger travail du sol peut accélérer son assèchement et permettre d'effectuer les semis dans de meilleures conditions. Mettre en œuvre ces méthodes de travail réduit lorsque l'état du sol les rend nécessaires.

### Méthode traditionnelle

Des générations de producteurs ont employé la charrue, les disques et le cultivateur pour préparer les lits de semence des céréales. Les céréales de printemps sont encore souvent cultivées selon ces méthodes traditionnelles. Bien que celles-ci donnent de bons résultats, les problèmes d'érosion, le prix du carburant et l'effet limité du travail du sol sur les rendements incitent de plus en plus de producteurs à se tourner vers le travail réduit. En ce qui concerne méthodes traditionnelles, les recommandations ayant trait au contact sol-semence, à la mise en place des semences dans un milieu humide et à la précision de la profondeur des semis sont celles qui sont indiquées sous *Semis direct*, mais le travail du sol remplace la destruction chimique des mauvaises herbes.

### Semis de céréales de printemps sur sol gelé

Semis des céréales de printemps sur un sol gelé permet d'avancer considérablement les dates de semis et d'accroître les rendements.

La technique consiste à effectuer un semis direct sur le sol légèrement gelé, au début du printemps. Une fois que la neige a fondu et que le sol n'est plus gelé en profondeur, il reste encore souvent plusieurs nuits froides où les températures tombent sous le point de congélation. Il est possible de semer dans cette mince couche de gel qui supporte le poids du tracteur, ce qui évite le

**Tableau 4-3.** Effet des doses d'engrais sur le rendement

Mise en place	Aucun engrais	Semence mise en place				Semis à la volée
Source		6-24-6		Phosphate monoammonique		
Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha (lb/ac)	0 (0)	17,6 (16)	29 (26)	58 (52)	117 (104)	117 (104)
Rendement moyen :	5,13 (76,3)	5,39 (80,1)	5,57 (82,8)	5,64 (83,9)	5,58 (83,0)	5,29 (78,7)

Moyenne de 28 sites, 2001 à 2004.

compactage ou l'orniérage. Il n'est pas essentiel de refermer la raie dans ce cas puisque la terre retombe naturellement en place et couvre la semence dès que le sol dégele. Il suffit de régler le semoir pour qu'il trace une raie peu profonde (de 2,5 cm ou 1 po) et pousse la graine au fond de celle-ci.

La plage permettant cette méthode de semis est de courte durée. **Ne pas tenter le semis sur sol gelé lorsque la température de l'air tombe sous -8 °C.** Le sol serait alors assez dur pour endommager le semoir de semis direct, et les semences resteraient à la surface, ce qui n'est pas souhaitable. On obtient généralement les meilleurs résultats lorsque le gel commence à faire durcir le sol, à -3 ou -4 °C, souvent vers minuit. Il faut absolument s'arrêter dès que le soleil matinal commence à ramollir la terre parce que celle-ci collerait et pourrait encrasser le semoir sur une distance de seulement 15 m (50 pi).

Bien que cette fenêtre puisse ne pas se produire tous les ans, il n'en reste pas moins que cette forme de semis hâtif peut donner des augmentations de rendement atteignant 25 %. Le tableau 4-4, *Comparaison des semis de céréales de printemps sur sol gelé et sur sol sec*, page en regard, montre les gains de rendement et de qualité obtenus avec les semis sur sol gelé. Le semis sur sol gelé de céréales d'automne effectué à la fin de l'automne ou au début de l'hiver a également donné de bons résultats. Cependant, dans ces cas, il faut absolument placer les semences à au moins 2,5 cm (1 po) de profondeur et d'avoir des attentes réalistes.

### Semis aérien du blé d'automne

Le semis aérien donne les meilleurs résultats s'il est effectué avant que les plants de soya aient perdu 10 % de leurs feuilles. Les feuilles de soya couvriront ainsi les semences et retiendront l'humidité avant la germination du blé.

Les semis aériens donnent des résultats variables. La semence est extrêmement vulnérable aux dommages dus aux limaces. En effet, celles-ci se nourrissent du germe du grain, et elles peuvent réduire gravement le peuplement ou le détruire, surtout dans les tournières. À première vue, la graine semble reposer normalement à la surface du sol, prête à germer, mais un examen plus attentif montre qu'elle a été endommagée. Il est possible de remédier à ce problème en réensemencant les tournières après la récolte du soya.



**Tableau 4-4.** Comparaison des semis de céréales de printemps sur sol gelé et sur sol sec

Méthode de travail du sol <sup>1</sup>	Rendement, t/ha (bo/ac)		Poids spécifique, kg/hL (lb/bo)	
	Sol gelé	Sol sec	Sol gelé	Sol sec
Avoine	5,3 (140,3)	4,6 (120,6)	46,5 (37,3)	44,6 (35,8)
Blé de printemps après du soya	4,6 (67,7)	3,9 (57,5)	75,9 (60,9)	73,7 (59,1)
Blé de printemps après du maïs	4,1 (60,5)	2,6 (39,4)	74,6 (57,9)	64,8 (52,0)

Johnson, MAAARO, Thorndale, 2006–2007.

<sup>1</sup> Chaque traitement représente la moyenne de trois populations de 2, 3 et 4 millions de semences/ha (0,8, 1,2 et 1,6 million/ac) pour l'avoine, et de 3, 4 et 5 millions de semences/ha (1,2, 1,6 et 2,0 millions/ac) pour le blé de printemps.

Les semis aériens donnent un système racinaire superficiel, donc plus vulnérable au déchaussement et aux dommages causés par le vent (voir *Profondeur de semis*, p. 90). Au printemps, les plants de blé sont reliés au sol par un seul poil absorbant. Si celui-ci casse sous l'effet des mouvements de torsion imposés par le vent, le plant meurt.

Selon les données provenant d'essais à petite échelle effectués à la ferme, compte tenu de ces risques inhérents, les rendements du blé après un semis aérien sont souvent de 10 % inférieurs à ceux obtenus avec un semoir à céréales. Les semis aériens ne sont donc pas très employés. Lorsqu'on opte pour cette méthode, on devrait porter le taux de semis à 5,0 millions de graines/ha (2 millions de graines/ac) pour compenser la diminution de la densité de peuplement.

### Semis à la volée

Le semis à la volée permet une mise en terre beaucoup plus rapide. Il est par contre important d'assurer un bon contact sol-semence et l'uniformité du taux de semis sur toute la superficie ensemencée et entre les passages de l'épandeur.

Les appareils de distribution à air donnent un semis uniforme. Travailler le champ à faible profondeur (7,5 cm ou 3 po), par deux passages perpendiculaires, puis effectuer un passage des rouleaux pour éviter les irrégularités du semis et améliorer le contact semence-sol.

Cette méthode ne donne pas une profondeur de semis uniforme et elle crée donc souvent des écarts de maturité avec une réduction du rendement de 5 à 10 %. Si l'on effectue les semis à la volée, augmenter les taux de semis de 10 % pour compenser les risques de variabilité.

### Choix du cultivar

Les principes qui régissent le choix d'un bon cultivar ne varient pas beaucoup d'une culture à l'autre. La sélection des cultivars de blé est compliquée par les facteurs de qualité des produits finaux et leurs effets sur les prix et les rendements. On cultive

d'avantage de types de blé en Ontario que dans toute autre région du nord-est de l'Amérique du Nord. Les marchés de la meunerie et de l'avoine pour chevaux ont aussi des critères de qualité qui leur sont propres, tout comme ceux de l'orge destinée à la consommation humaine ou à la brasserie.

### Critères habituels de sélection des cultivars

- Choisir les cultivars en fonction des conditions de croissance locales et de l'utilisation finale prévue. Comparer les cultivars du point de vue de leur potentiel de rendement, de leur résistance à la verse, de leur tolérance aux maladies et des autres facteurs agronomiques. Pour choisir un cultivar, il est utile de bien connaître les limitations d'une exploitation ou d'un champ donné.
- Utiliser toutes les sources d'information disponibles. Il existe un excellent système d'évaluation du rendement des cultures céréalières. Chaque année, le MAAARO présente l'information pertinente sous forme de fiches techniques que l'on peut consulter sur son site Web, [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures) ou sur celui du Comité des céréales de l'Ontario, [www.gocereals.ca](http://www.gocereals.ca).
- Comparer le rendement des cultivars à partir de données recueillies sur de longues périodes et dans un grand nombre de sites. Des cultivars qui fournissent d'excellents résultats dans certaines conditions environnementales peuvent s'avérer très décevants l'année suivante. Par exemple, un cultivar d'avoine qui excelle en l'absence de rouille peut donner la pire performance une année où la rouille apparaît tôt en saison. Le choix des meilleurs cultivars donnant un rendement stable doit se fonder sur des données à long terme provenant de nombreux sites.
- Choisir deux ou trois des meilleurs cultivars sur le marché. Il est toujours préférable de répartir les risques. Le choix de plusieurs cultivars réduit les risques liés aux maladies et permet d'étaler la charge de travail au moment des récoltes.

### Tolérance à la germination sur pied

La résistance à la germination sur pied varie beaucoup d'un cultivar à l'autre. Plusieurs gènes définissent le facteur de dormance du blé. L'un des plus déterminants parmi ces gènes est lié à l'encodage du blé roux ou à la coloration rouge du son. De façon générale, le blé roux résiste mieux à la germination sur pied que le blé blanc, et les cultivars de blé vitreux roux y résistent souvent mieux que ceux de blé tendre roux. Comme les cultivars de blé blanc manquent de tolérance à la germination sur pied, on recommande de ne pas en cultiver plus qu'on peut récolter en deux ou trois jours. Pour assurer la qualité de la récolte et un maximum de rentabilité, récolter les cultivars de blé blanc en premier, aussitôt que possible, et les faire sécher au besoin.

Ne pas confondre la tolérance à la germination sur pied avec la germination de la culture une fois mise en terre. La dormance dépend de la date, de la lumière et de la température. Lorsque la céréale est semée à l'automne, il s'est écoulé assez de temps, et le manque de lumière et la fraîcheur du sol l'emportent sur les facteurs de dormance. La vitesse de la levée après les semis est entièrement liée à la vigueur de la semence du cultivar et du lot de semence, et pas du tout à sa couleur ou à sa classe.

**Tableau 4-5.** Comparaison de la quantité et de la qualité de la paille

Quantité de paille (du plus au moins)	Qualité de la paille (du meilleur au pire) <sup>1</sup>
1 blé d'automne	1 orge de printemps à deux rangs
2 orge d'automne	2 orge de printemps à six rangs
3 orge de printemps à deux rangs	3 céréales mélangées
4 céréales mélangées	4 avoine de printemps
5 avoine de printemps	5 orge d'automne
6 orge de printemps à six rangs	6 blé de printemps
7 blé de printemps	7 blé d'automne

<sup>1</sup> Qualité de la paille d'après les préférences du bétail pour la litière.

### Résistance à l'hiver et tolérance au froid

À son état le plus résistant, le blé peut supporter des froids extrêmes (-23 °C), ce qui n'est pas le cas de l'orge d'automne (-10 °C). En Ontario, bien que le froid puisse souvent provoquer des dommages, il cause rarement la mort des plants sauf lorsqu'il se forme de la glace. La neige constitue un excellent isolant alors que la glace ne protège aucunement les plants du froid. Pour trouver plus d'information sur la tolérance au froid et la résistance à l'hiver, voir l'ouvrage *Winter Wheat Production Manual* de l'Université de la Saskatchewan, [www.usask.ca/agriculture/plantsci/winter\\_cereals/Winter\\_wheat/](http://www.usask.ca/agriculture/plantsci/winter_cereals/Winter_wheat/) (chapitre 12 sur la survie à l'hiver, *Winter Survival*).

### Facteurs propres aux cultures de céréales

#### Paille

Dans les régions d'élevage, la paille peut être très en demande et avoir une grande valeur. La qualité de la paille est donc également un facteur à prendre en compte. Sa capacité d'absorption de l'humidité est une caractéristique recherchée pour la plupart des litières d'animaux d'élevage. La densité de la paille sèche non tassée est d'environ 40 kg/m<sup>3</sup> (2,5 lb/pi<sup>3</sup>), et d'environ 80 kg/m<sup>3</sup> (5 lb/pi<sup>3</sup>) pour la paille en balles; sa capacité d'absorption de l'eau est de 293 à 335 L/m<sup>3</sup> (1,8 à 2,1 gallons impériaux/pi<sup>3</sup>). Le marché des chevaux exige de la paille exempte de poussières. La production de paille est l'une des principales raisons pour lesquelles les éleveurs continuent de cultiver de l'orge plutôt que du blé de printemps, alors que les facteurs économiques liés à la production de grain joueraient plutôt en faveur de ce dernier.

En général, les cultivars d'orge à deux rangs produisent plus de paille que les cultivars à six rangs. La qualité et la quantité de la paille d'avoine sont bonnes. La paille de blé est moins absorbante que celle d'avoine ou d'orge, et la plupart des cultivars de blé de printemps produisent moins de paille que les cultivars d'orge de printemps (voir le tableau 4-5, *Comparaison de la quantité et de la qualité de la paille*, sur cette page).

Les producteurs qui ont besoin de paille et qui en apprécient les avantages peuvent aussi améliorer sa qualité en prévenant les maladies des cultures au moyen de fongicides. Cet aspect est particulièrement important si l'on souhaite produire une paille exempte de poussières pour le marché des chevaux. Pour obtenir de meilleurs rendements en paille d'orge, penser à la

**Tableau 4-6.** Éléments nutritifs de la paille

Élément nutritif	kg/t (lb/t)		
	Moyenne	Minimum	Maximum
Azote	7,0 (15,4)	4,2 (9,2)	10,7 (23,5)
Phosphore (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,6 (3,5)	0,9 (2,0)	3,0 (6,6)
Potassium (K <sub>2</sub> O)	8,4 (18,5)	4,0 (8,8)	21,2 (46,8)

Johnson, 2003-2004 et Falk, 2004-2005.

Valeur de la paille en \$/t (P et K seulement)  
= (\$/t de phosphate monoammonique × 0,003) + (\$/t potassium × 0,014)

Valeur de la paille en \$/t (N, P et K)  
= (\$/t d'urée × 0,015) + (valeur ci-dessus)

Pour convertir la valeur en cents/livre, diviser par 22,05.

production d'orge d'automne dans les régions où cette culture survit facilement à l'hiver.

### Valeur de la paille

La valeur de la paille est un sujet très controversé. Elle dépend des quantités d'éléments nutritifs prélevées dans le sol et de l'ajout de matière organique qui y retourne. Le tableau 4-6, *Éléments nutritifs de la paille*, sur cette page, indique les teneurs possibles de ces éléments. Les concentrations d'éléments nutritifs sont très variables. La paille de cultivars de blé vitreux contient généralement moins d'azote (environ 1,25 kg/t ou 2,75 lb/tonne métrique) que la paille de blé tendre (Falk, 2005). Les concentrations de potassium varient aussi énormément parce que cet élément, après le stade de maturité, est facilement entraîné par la pluie par lessivage. Seule l'analyse permet de déterminer avec précision la valeur nutritive du produit.

Il y a aussi un désaccord sur la pertinence de l'inclusion de l'azote dans le calcul de la valeur de la paille. Comme le rapport carbone/azote est très élevé (80/1), il faut un supplément d'azote pour faciliter la dégradation par les organismes du sol. C'est la raison pour laquelle de nombreux producteurs n'incluent pas l'azote dans le calcul de la valeur de la paille. Les formules de calcul des concentrations moyennes d'éléments nutritifs sont présentées au tableau 4-6, sur cette page.

Il est beaucoup plus difficile de quantifier la valeur de la matière organique qui retourne dans le sol avec la paille, bien que son importance ne fasse aucun doute. Les estimations varient : cette valeur pourrait être au moins égale à celle des éléments nutritifs prélevés, ou bien le prélèvement de quatre récoltes de paille à haut rendement pourrait avoir pour effet de réduire la teneur du sol en matière organique de 0,1 %. Cette quantité de matière organique pourrait retenir jusqu'à 4,4 cm (1,75 po) d'eau pour la croissance des cultures. Pendant une saison sèche, cette même quantité d'eau permettrait un gain de rendement de 0,24 t/ha (3,5 bo/ac) de soya, ou de 0,88 t/ha (14 bo/ac) de maïs. Il ne s'agit là que de simples calculs mathématiques, mais ils mettent en évidence l'importance du rôle de la matière organique.

Tableau 4-7. Caractéristiques de diverses classes de céréales

Classes	Propriétés et usages	Caractéristiques
Blé tendre blanc d'automne	Blé de qualité pâtissière Faible teneur en protéines Rendement élevé	Sensible à la germination sur pied Ne pas épandre trop d'azote
Blé tendre roux d'automne	Blé de qualité pâtissière Faible teneur en protéines Rendement élevé	Ne pas épandre trop d'azote
Blé roux d'automne de qualité non pâtissière (blé vitreux roux d'automne)	Mélange de blé panifiable, craquelins, pizza, pâte Teneur élevée en protéines souhaitable Rendement plus faible que le blé tendre	Besoin de plus d'azote Qualité plus variable Possibilité de primes
Blé blanc d'automne de qualité non pâtissière (blé vitreux blanc d'automne)	Farines de grain entier Nouilles asiatiques	Sensible à la germination sur pied Besoin de plus d'azote Nouvelle classe (2008)
Cultivars de blé de spécialité d'automne	Variables	Obligation de maintien de l'identité du cultivar
Cultivars de blé de meunerie de printemps	Mélange de blé panifiable Teneur élevée en protéines Faible rendement	Meilleurs résultats avec des semis précoces Prix élevé
Cultivars de blé fourrager de printemps	Teneur élevée en protéines Rendement moyen	Meilleurs résultats avec des semis précoces Ne pas mélanger avec du blé de meunerie
Orge d'automne	Rendement élevé Faible résistance à l'hiver Faible résistance à la verse	Semer tôt Enlèvement des barbes difficile au battage
Orge à six rangs	Bonne paille Plus grande tolérance à la chaleur Plus grande tolérance aux semis tardifs	Moins bonne qualité du grain Ne pas épandre trop d'azote
Orge de printemps à deux rangs	Types pour meunerie et pour brasserie Excellente paille Bon volume de paille	Ne pas épandre trop d'azote
Avoine	Nécessité d'une qualité élevée pour la meunerie et les chevaux Bonne paille	Bons résultats avec des semis précoces Tolère les sols mal drainés

### Classes

Le nombre de classes de blé continue de s'accroître (voir le tableau 4-7, *Caractéristiques de diverses classes de céréales*, sur cette page). Au milieu des années 1980, seuls le blé de printemps destiné au bétail et le blé tendre blanc d'automne étaient cultivés en Ontario; depuis cette date, le nombre de classes s'est multiplié de façon spectaculaire, et ce mouvement a de bonnes chances de se poursuivre puisque d'autres cultivars destinés à des marchés spécifiques sont en cours de développement. À bon nombre de ces classes sont associés des rendements et des primes dont il faut tenir compte au moment de choisir les cultivars. Ainsi, quand on opte pour des cultivars de blé de qualité non pâtissière à forte teneur en protéines, l'augmentation de la teneur en protéines s'obtient au détriment du rendement, qui diminue alors d'environ 10 %. Cependant ces cultivars rapportent des primes. Sur les sols qui sont déjà riches en azote (élevages produisant du fumier ou des fourrages), il est beaucoup plus facile d'obtenir une teneur élevée en protéines pour toucher ces primes. Sur les terres destinées aux cultures commerciales, il faut souvent beaucoup plus d'azote pour obtenir les teneurs en protéines optimales dans les cultivars de blé de qualité non pâtissière (voir *Blés roux d'automne*, p. 98). Tous ces facteurs doivent être pris en compte au moment du choix d'un cultivar.

### Espèces céréalières

#### Orge

Tous les types d'orge ont le potentiel génétique de former six rangs de grains par épi (orge à six rangs), mais certains n'en ont que deux. En général, les cultivars à deux rangs ont des grains plus gros, et leurs plants sont plus petits et résistent mieux à la verse, à la rouille des feuilles et au mildiou. Ils ont souvent une maturité plus tardive et un rendement moins élevé que les cultivars à six rangs. Ces derniers résistent habituellement mieux à la rhynchosporiose et supportent plus facilement la chaleur et l'humidité, ce qui les rend plus tolérants à un semis tardif. Les types à six rangs forment un couvert plus clairsemé et entrent donc moins en concurrence avec les sous-semis; par ailleurs, au moment d'établir un sous-semis, prendre en compte la résistance à la verse des types à deux rangs.

#### Orge d'automne

En Ontario, on cultive autant l'orge de printemps que l'orge d'automne. L'orge d'automne doit passer par une période de températures basses pendant laquelle elle subit une vernalisation avant la floraison et la formation des grains. L'orge d'automne semée au printemps ne produit pas de grains, contrairement à l'orge de printemps qui n'a pas besoin de vernalisation.

L'orge d'automne donne un rendement beaucoup plus élevé que l'orge de printemps, mais elle est beaucoup moins résistante à l'hiver que le blé d'automne. Elle survit seulement dans les zones où les hivers sont doux ou qui reçoivent une bonne couche de neige. L'orge d'automne doit être semée plus tôt que le blé d'automne, ce qui la rend plus vulnérable au virus de la jaunisse nanisante de l'orge et à la moisissure des neiges. Elle mûrit plus tôt que le blé d'automne, et certaines années, elle permet une double récolte. Dans les zones où la culture de l'orge d'automne est possible, elle a atteint des rendements de 8,1 t/ha (150 bo/ac).

### Orge à grains nus

L'orge couverte ou orge vêtue contient environ 10 % d'enveloppe et de 90 % de grain. Dans l'orge à grains nus, une bonne partie de l'enveloppe se décolle au moment de la récolte. L'orge à grains nus a un poids spécifique plus élevé et une teneur en fibres plus faible que l'orge vêtue. Ses grains doivent être manipulés avec soin parce que l'embryon (germe) est fragile. La quantité de balle qui se sépare du grain dépend en partie des conditions climatiques au moment de la récolte. L'orge à grains nus donne un rendement moins élevé que les cultivars vêtus parce que les enveloppes restent au champ; cependant elle a des teneurs en énergie et en protéines plus élevées.

### Avoine

L'avoine est une culture fourragère traditionnelle en Ontario, notamment pour les chevaux. Son contenu en protéines est plus équilibré et elle a une teneur en fibres plus élevée que l'orge. Choisir des cultivars résistants à la rouille des feuilles. Le nerprun est l'hôte intermédiaire de la rouille des feuilles de l'avoine; dans la mesure du possible, éliminer cette espèce du pourtour des champs.

### Avoine de meunerie

Comme elle est destinée à la consommation humaine, l'avoine de meunerie doit satisfaire à certaines exigences de qualité : grains ventrus, poids spécifique élevé et gruaux (grain) exempt de décoloration et de corps étrangers (insectes, graines de mauvaises herbes et d'autres espèces cultivées). Les exigences visant l'avoine de meunerie sont affichées sur le site [www.grainscanada.gc.ca/](http://www.grainscanada.gc.ca/) (sous « Guides et manuels », cliquer sur « Qualité des grains » pour voir le *Guide officiel du classement des grains*).

### Avoine nue

L'avoine nue peut intéresser les éleveurs de porcs et de volaille parce que son grain (gruaux) contient sensiblement la même quantité d'énergie métabolisable que le maïs. Elle a également une teneur élevée en protéines de bonne qualité (14 à 20 %). Il est possible de formuler des rations où l'avoine nue constitue la principale source d'énergie; il suffit d'y ajouter de faibles quantités de tourteau de soya, de tourteau de canola ou de lysine (un acide aminé) pour obtenir un rendement comparable à celui du tourteau de soya-maïs.

L'avoine nue devient du gruaux au battage. Les fines enveloppes restent dans le champ sous forme de balle, ce qui fait perdre aux grains d'avoine de 25 à 30 % de leur poids par rapport aux cultivars ordinaires qui conservent leur enveloppe. Le gruaux des cultivars actuels est recouvert d'une couche de poils fins qui l'empêchent de s'écouler librement et qui causent des démangeoisons, ce qui rend l'avoine désagréable à manipuler. Il y a eu de grandes améliorations à ce chapitre avec l'introduction de cultivars récents.

Porter une attention particulière aux étapes du semis, de la récolte, de la manutention et de l'entreposage de l'avoine nue. Comme le grain n'est pas protégé par l'enveloppe, son pouvoir germinatif est facilement réduit. Prendre également des précautions au moment des semis. La récolte et la manipulation peuvent endommager l'embryon. Par ailleurs la grande quantité d'huile qui se trouve à la surface du grain attire les insectes des entrepôts. Maintenir le taux d'humidité au-dessous de 10 % pour que le grain conserve sa qualité pendant l'entreposage.

### Mélanges de céréales

Les mélanges de céréales occupent une superficie importante en Ontario. Il s'agit le plus souvent d'avoine et d'orge, mais certains mélanges contiennent du blé de printemps ou des pois de grande culture. Les mélanges de céréales sont destinés uniquement à l'alimentation animale.

On ne peut formuler de recommandations quant aux meilleurs mélanges. En général, les cultivars d'avoine et d'orge qui donnent les meilleurs rendements lorsqu'ils sont semés en peuplements purs font de même dans les mélanges, mais les cotes de maturité des éléments d'un même mélange doivent être compatibles. L'ajout de blé ou de pois augmente les teneurs en énergie et en protéines du grain, mais il entraîne une réduction des rendements.

Les maladies des feuilles et des épis sont habituellement beaucoup moins graves dans les cultures de mélanges de céréales que dans les peuplements purs d'avoine ou d'orge. Les cultures d'avoine et d'orge mélangées tolèrent mieux les conditions de drainage irrégulières; ainsi, la composante qui devient prédominante est l'orge dans les zones plus sèches du champ et l'avoine dans les zones mal drainées.

### Blé d'automne

Le blé d'automne est la culture céréalière qui occupe la plus grande superficie en Ontario, et il est produit dans la plus grande partie de la province. Tout comme l'orge d'automne et le seigle d'automne, il doit subir une vernalisation, c'est-à-dire d'une période froide (0 à 5 °C) qui le fait passer du stade végétatif au stade reproductif. Pour le blé, le meilleur stade pour la vernalisation est celui de cinq feuilles, mais elle peut avoir lieu dès le début de la germination. Ainsi le blé d'automne peut être semé à n'importe quel moment de l'automne jusqu'aux gelées et avoir une épiaison normale l'année suivante. Le blé d'automne semé au printemps n'a pas subi de vernalisation et n'atteint donc jamais le stade reproductif. On sème parfois le



blé d'automne au printemps pour donner une pelouse qui n'a presque jamais besoin d'être coupée.

### **Blé de printemps**

#### **Blé fourrager**

Le blé fourrager est une source de protéines et d'énergie plus concentrée que l'orge ou l'avoine. Limiter la quantité de blé fourrager dans la ration alimentaire des non-ruminants pour éviter les problèmes digestifs. En général, le blé ne doit pas dépasser 25 % de la ration totale. Pour plus d'information, consulter un nutritionniste.

Certains cultivars de blé fourrager peuvent donner des rendements semblables à ceux de l'avoine et de l'orge de qualité fourragère. Parfois, ils peuvent atteindre une qualité qui les rend propres au marché du blé de meunerie. Pour savoir si un cultivar donné est habituellement de qualité meunière ou fourragère, s'adresser à un fournisseur de céréales ou à la Commission ontarienne de commercialisation du blé. Lorsque des cultivars de blé fourrager donnent un produit de qualité meunière, c'est une bonne nouvelle, mais il ne faut pas en faire une attente.

#### **Blé de meunerie**

Pour que le produit soit accepté sur le marché, il faut miser sur sa qualité et accorder l'attention voulue aux facteurs tels que le choix du cultivar, la précocité des semis et la lutte contre les mauvaises herbes. Les cultivars de blé de printemps donnent habituellement un couvert très clairsemé, d'où l'importance accrue de la lutte contre les mauvaises herbes. Ces cultivars constituent donc une culture de couverture idéale pour un sous-semis de luzerne ou de foin.

### **Seigle**

Les types de seigle de printemps et d'automne sont cultivés et disponibles en Ontario. Généralement, on sème le seigle d'automne dans les sols sableux légers où l'on produit du tabac et des cultures maraîchères, pour prévenir l'érosion éolienne et enrichir le sol en matière organique. Le seigle de printemps est parfois cultivé comme plante fourragère annuelle. Contrairement aux autres cultures céréalières, le seigle est assez sensible à l'ergot, ce qui nuit à son utilisation comme aliment destiné aux animaux ou aux humains.

Parmi les céréales d'automne, c'est le seigle qui résiste le mieux à l'hiver. Il est extrêmement précoce et vient à maturité bien avant le blé ou l'orge d'automne. Par contre, étant donné qu'il est difficile à battre, et en dépit de sa maturité précoce, on ne le récolte que longtemps après le blé ou l'orge pour laisser le temps à la paille de se détériorer et faciliter ainsi le battage.

Certains producteurs souhaitant obtenir un supplément de fourrage ont entrepris de semer du seigle d'automne après la récolte du maïs. Ce seigle commence à épier au printemps suivant, vers la mi-mai; il est alors coupé et envoyé à l'ensilage préfané ou à l'ensilage en balles. Les haricots secs comestibles ou le soya sont alors semés sans que le retard des semis ait de répercussions significatives sur les rendements. Cette pratique comporte cependant certains risques dont les effets allélopathiques (toxicité des résidus de seigle en décomposition pendant la croissance de la nouvelle culture) et la possibilité d'une repousse de seigle dans les cultures de blé des années suivantes.

### **Triticale et épeautre**

Le triticale et l'épeautre sont cultivés à petite échelle en Ontario. On ne cultive le triticale, un croisement de blé et de seigle, que comme fourrage d'urgence lorsque les prairies de fauche sont détruites par l'hiver, le plus souvent en même temps que des pois (voir *Graminées annuelles de saison chaude*, p. 56). L'épeautre, un précurseur du blé moderne, est cultivée principalement pour le marché des produits biologiques. Entre l'épeautre et le blé, il n'y a presque aucune différence génétique si ce n'est le codage de la « balle » : celle du blé se détache facilement alors que celle de l'épeautre adhère au grain.

### **Biotechnologie**

La plupart des plantes cultivées sont diploïdes, c'est-à-dire que leurs chromosomes sont par paires; c'est le cas de l'orge et de l'avoine. Chez le blé dur, les chromosomes vont par quatre (doubles paires), et la plante est donc tétraploïde. Tous les autres blés cultivés en Ontario sont hexaploïdes, c'est-à-dire que leurs chromosomes vont par six (paires triples). Cela complique le transfert de gènes dans le blé. Aussi, la marge de profit liée à la production de semences et à l'amélioration génétique est beaucoup moins importante que pour bien d'autres espèces cultivées. De plus, chez les consommateurs, le degré d'acceptation du blé génétiquement modifié est très faible, de sorte que les investissements en biotechnologie sont moindres pour cette espèce. C'est pourquoi la mise au point de cultivars de céréales ayant des caractéristiques particulières à l'aide de la technologie de transfert génique est au point mort.

Cette situation est appelée à changer. Encore faudra-t-il une évolution de l'attitude de l'industrie et des consommateurs à l'égard de ces changements. Les producteurs doivent être au fait des progrès à ce chapitre ainsi que des exigences de maintien et de séparation de l'identité qui peuvent en découler.



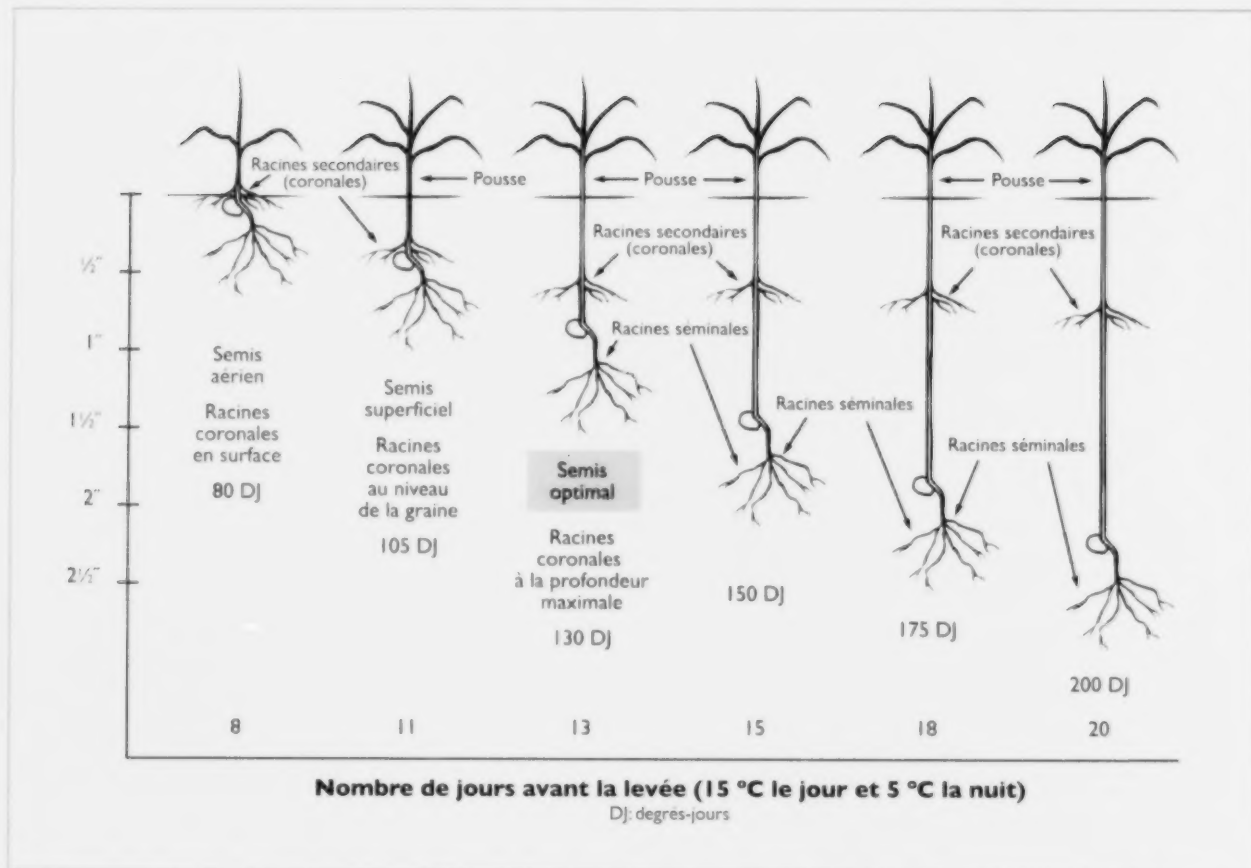


Figure 4-1. Nombre de jours avant la levée selon la profondeur de semis

## Semis et croissance de la culture

### Profondeur de semis

La profondeur de semis peut avoir une grande influence sur la croissance des plants (voir figure 4-1, *Nombre de jours avant la levée selon la profondeur de semis*, sur cette page), mais elle doit toujours être déterminée selon l'état du sol au moment des semis. Ne jamais semer superficiellement dans un sol sec en espérant que la pluie facilitera la germination. Semer dans un sol humide pour assurer une levée rapide et uniforme, même s'il faut aller profond. Si par contre le sol est détrempé, penser à effectuer un semis peu profond ou à faciliter l'assèchement par un travail du sol supplémentaire.

Les recherches et les innovations technologiques portant sur la maîtrise de la profondeur de semis accusent un retard important en ce qui a trait aux céréales, comparativement aux cultures de maïs et de soya. Avec les semoirs actuels, la profondeur de semis peut fluctuer de 1,25 à 7,5 cm (1/2 à 3 po) sur le même rang, selon l'état du sol.

On peut tenter de resserrer cet écart en utilisant des dispositifs tasseurs qui maintiennent la semence au fond de la raie. Le nivellement du terrain et les vitesses de semis moindres contribuent à réduire ces fluctuations. La profondeur des semis

de céréales ne sera jamais aussi précise que celle du maïs tant que des jauges de profondeur (roues plombeuses) suivront des ouvre-sillons à double disque ou que des coutres simples sans bras parallèles feront partie de l'équipement de série.

Les céréales sont les cultures qui réagissent le mieux à un semis hâtif qui est fait au bon moment (voir *Dates de semis*, p. 92). Lorsqu'elles sont semées trop profond, elles peuvent lever avec une semaine de retard ou plus (voir figure 4-1, sur cette page). Un retard de la levée a les mêmes effets qu'un retard équivalent de la date des semis et entraîne la même réduction du rendement. Il est évident que la précision des semoirs doit être améliorée.

À des températures automnales normales, soit de 15 °C le jour et de 5 °C la nuit, pour la levée, il faut compter 8 jours ( $15\text{ °C} + 5\text{ °C} = 20/2 = 10\text{ DJ/jour}$ ), et 5 jours supplémentaires de retard par pouce de profondeur de semis. Des températures plus basses retardent davantage la levée.

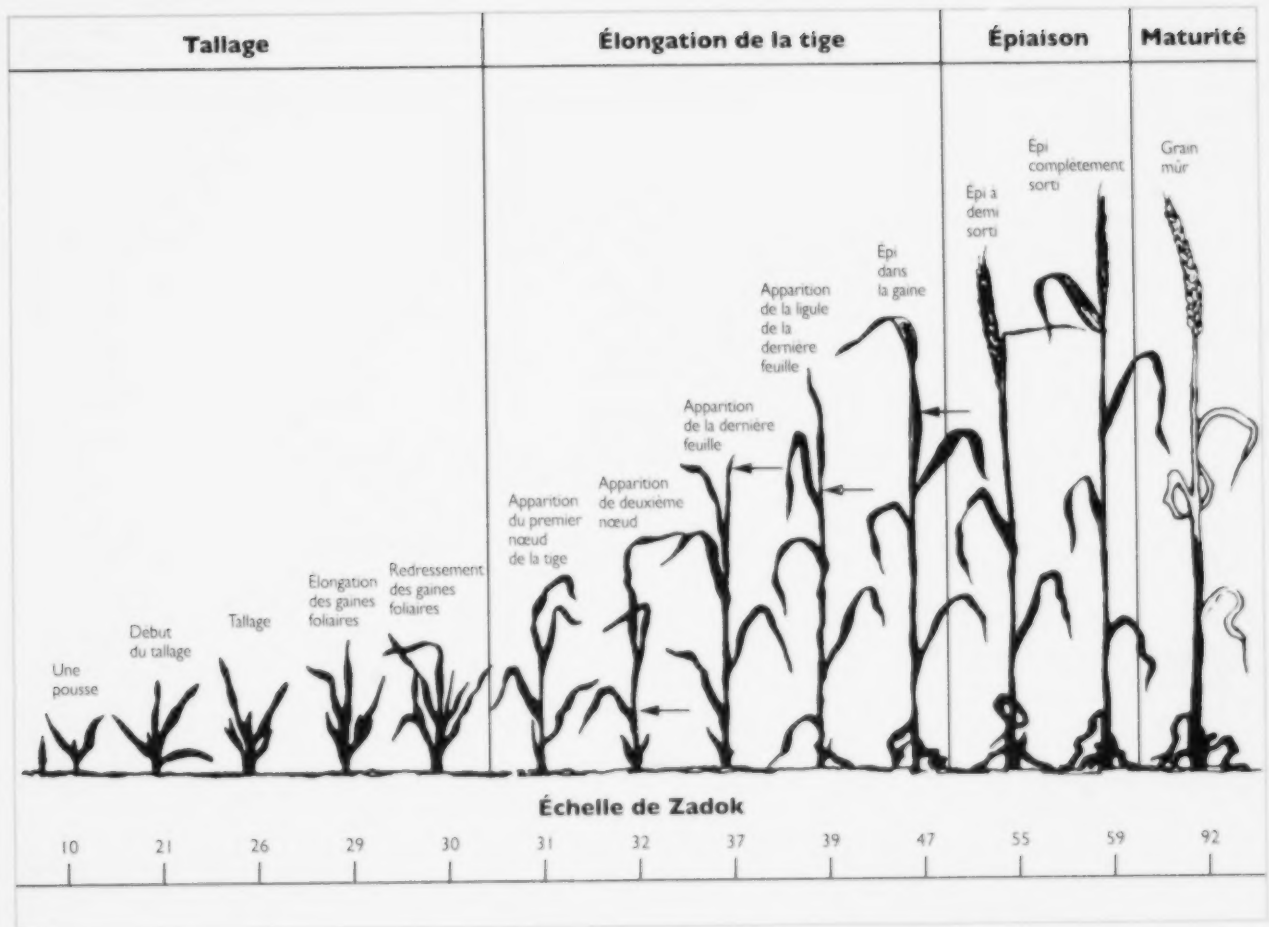


Figure 4-2. Stades de croissance des céréales

### Profondeur de semis optimale

Semer les céréales uniformément à une profondeur de 2,5 cm (1 po) pour favoriser une levée hâtive et le développement rapide de racines coronales bien ramifiées. Comme l'humidité est un facteur primordial, il faut absolument que la graine soit placée dans un sol humide. Il est peu utile de semer à 2,5 cm (1 po) s'il n'y a pas d'humidité à cette profondeur.

Les producteurs qui réussissent à semer le blé d'automne avec précision obtiennent une meilleure survie à l'hiver et des rendements plus élevés.

### Croissance des céréales

Il est possible de déterminer le stade de croissance des plants de céréales par le décompte des degrés-jours (DJ) accumulés. Ces calculs sont expliqués plus en détail sous *Degrés-jours*, p. 180. Pour les céréales, utiliser la valeur 0 comme base de calcul.

De façon générale, les semences de céréales ont besoin de 80 DJ pour germer et de 50 autres pour lever pour chaque pouce de profondeur de semis.

Pour plus de détails et pour en savoir plus sur l'identification des stades de croissance, voir le *Guide de champ sur les stades de croissance des céréales* sur le site Web [www.bayercropscience.ca](http://www.bayercropscience.ca) (sous « Outils et guides »).

La figure 4-2, *Stades de croissance des céréales*, sur cette page, montre ces différents stades selon l'échelle de Zadok (l'échelle de Feekes, également employée pour mesurer la croissance des céréales, ne paraît pas ici). La connaissance de ces stades est cruciale pour de nombreuses décisions de gestion. Les applications d'herbicides et d'azote doivent être effectuées au stade du tallage, et c'est aux stades de l'élongation et de l'épiaison que la lutte contre les maladies revêt la plus grande importance. La connaissance des stades de croissance de la culture est essentielle à la planification des intrants et des mesures de prévention.

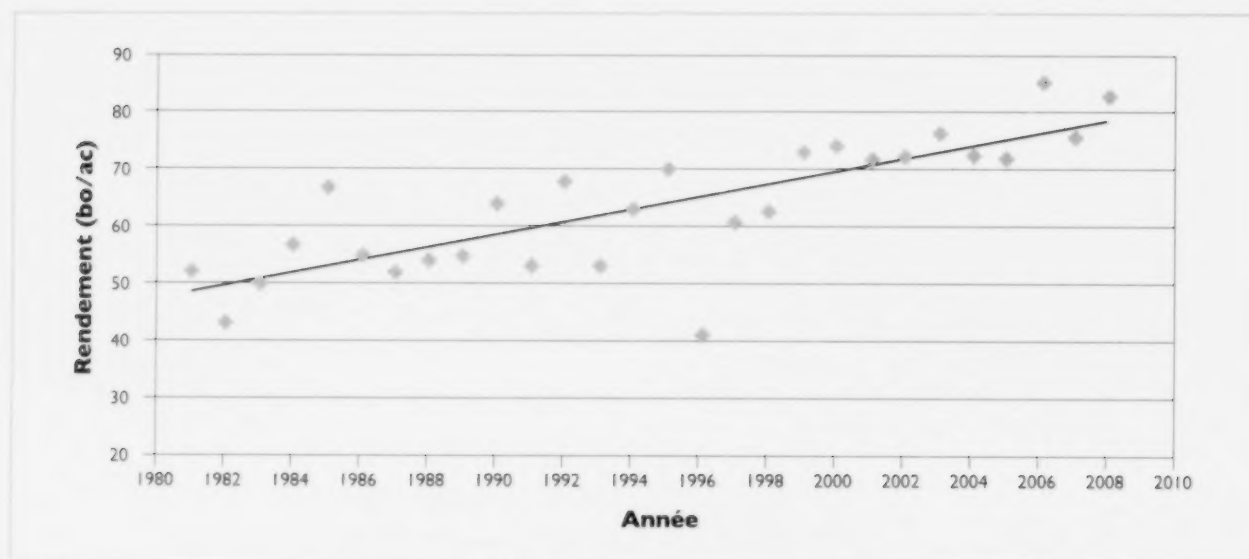


Figure 4-3. Rendement du blé d'automne à l'échelle de la province de 1981 à 2008

### Dates de semis

Les céréales sont encore plus sensibles à la date des semis que le maïs. Des études faites en Ontario montrent qu'après la date de semis optimale des céréales, la perte de rendement est de 0,07 t/ha/jour de retard (1,1 bo/ac/jour).

À cet effet, voir la figure 4-3, *Rendement du blé d'automne à l'échelle de la province de 1981 à 2008*, sur cette page.

Les rendements records enregistrés en 2006 et 2008 sont essentiellement liés à la date précoce des semis de l'automne précédent, tandis que les rendements faibles de 1993 sont le résultat d'un semis tardif à l'automne 1992. La faiblesse du rendement de 1996 était due à une grave épidémie de fusariose.

### Semis précoces

Il peut arriver que les semis d'automne soient effectués trop tôt. Si les céréales sont semées plus de dix jours avant la date de semis optimale, elles seront exposées à la mouche de Hesse, à la moisissure des neiges et au virus de la jaunisse nanisante de l'orge. Ce dernier est propagé par les pucerons qui se nourrissent des plantules de blé. Les insecticides appliqués aux semences permettent de réduire le risque de propagation de cette maladie, sans l'éliminer complètement. Voir les réponses des cultivars au virus de la jaunisse nanisante de l'orge sur le site [www.gocereals.ca](http://www.gocereals.ca). Comme les pucerons sont très sensibles au froid, leurs nombres et les problèmes qu'ils causent diminuent dès qu'il fait plus frais en automne. (Pour plus d'information sur la mouche de Hesse, le puceron du merisier à grappes ou le virus de la jaunisse nanisante de l'orge, voir le chapitre 13, *Déprédateurs des grandes cultures*, et le chapitre 14, *Maladies des grandes cultures*).

Si le semis de céréales d'automne peut être fait trop tôt, les retards de semis comportent aussi de grands risques pour ce qui est du rendement sur les sols lourds, argileux et mal drainés. Dans tous ces cas, semer si l'état du sol le permet. Si les semis

sont effectués plus de 10 jours avant la date optimale, diminuer le taux de semis de 25 % pour prévenir la moisissure des neiges et la verse. Lorsque les semis ont lieu à une date aussi précoce, la réduction des taux de semis a souvent pour effet d'accroître le rendement.

Comme l'orge d'automne doit être semée tôt, choisir un cultivar qui tolère le virus de la jaunisse nanisante de l'orge ou utiliser des insecticides appliqués aux semences pour maîtriser les pucerons. Voir la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.

### Céréales de printemps

Il est pratiquement impossible de semer des céréales de printemps trop tôt, à moins que le sol ne soit complètement détrempé. Devant les résultats spectaculaires produits par les semis hâtifs, certains producteurs envisagent de semer sur le sol gelé. Le temps frais et humide du printemps favorise le tallage et la production de gros épis. Dans ce cas, la date de floraison est également plus précoce, de sorte que la culture échappe aux chaleurs et à la sécheresse qui prévalent souvent à la fin juin et en juillet.

Les dates cibles pour les semis de céréales de printemps sont le 10 avril dans le sud-ouest de l'Ontario, le 15 avril dans le centre et l'est de la province et le 10 mai dans le nord. Dans les zones recevant plus de 3 100 unités thermiques de croissance, la culture des céréales de printemps n'est généralement pas recommandée, et les semis sont carrément à proscrire après le 20 avril.

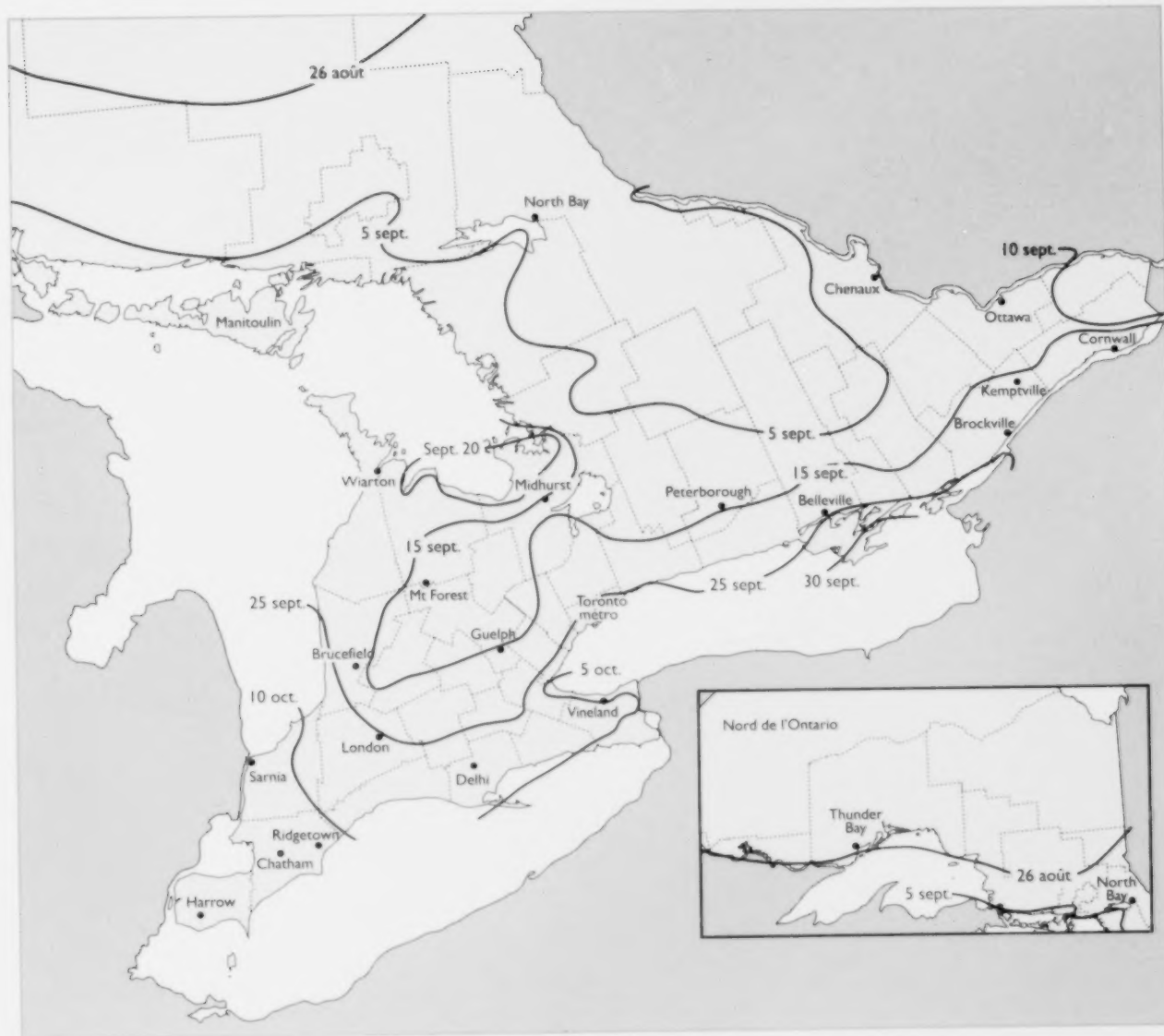


Figure 4-4. Dates de semis optimales du blé d'automne en Ontario

### Céréales d'automne

Comme la date des semis de blé d'automne dépend souvent de celle de la récolte du soya, la date de semis optimale peut être dépassée, d'où des pertes de rendement. Pour les cultures de blé après du soya, voir les directives simples présentées sous *Semis de blé d'automne après une culture de soya*, p. 33.

Pour le blé d'automne, voir la figure 4-4, *Dates de semis optimales du blé d'automne en Ontario*, sur cette page. Les isolignes tracées sur la carte reflètent les conditions météorologiques moyennes, mais les dates réelles pourront varier d'une année à l'autre. Pour améliorer la survie hivernale de l'orge d'automne, la semer sept à dix jours avant les dates de semis optimales pour le blé d'automne. L'orge d'automne est moins résistante à l'hiver que le blé d'automne.

### Reprise des semis

Les céréales d'automne comptent parmi les rares cultures dont il est de nouveau possible d'évaluer l'état au printemps pour semer une autre espèce en cas de survie hivernale insuffisante. Évaluer les cultures de blé en avril et au début mai. Prendre la décision de reprendre les semis ou non le plus tard possible pour pouvoir évaluer avec précision l'état du peuplement et la santé des plants.

**Tableau 4-8.** Calcul du potentiel de rendement pour plusieurs densités de peuplement

N <sup>bre</sup> de plants		Potentiel de rendement (en %)	Date des semis	
par mètre de rang	par pied de rang		Rendement t/ha (bo/ac)	
			5 oct.	15 oct.
66	20 <sup>1</sup>	100	5,34 (80)	4,84 (72)
33	10	95	5,11 (76)	4,57 (68)
23	7	90 <sup>2</sup>	4,84 (72)	4,37 (65)
20	6	85	4,57 (68)	4,10 (61)
16	5	80	4,30 (64)	3,90 (58)

Source : Smid, Collège de Ridgeway, Université de Guelph, 1986-1990.

<sup>1</sup> Peuplement complet.

<sup>2</sup> Des plants sains et distribués uniformément, avec une densité de 23 plants/m (7 plants/pi) de rang, donneront quand même 90 % du potentiel de rendement; dans ce cas, il n'est pas nécessaire de reprendre les semis. Toutefois, si la densité de peuplement moyenne est de 23 plants/m (7 plants/pi) de rang, mais que les plants ne sont pas distribués uniformément ou sont gravement endommagés par le déchaussement ou pour d'autres raisons, le rendement ne sera pas satisfaisant, de sorte qu'il faudra reprendre les semis.

Les plants endommagés se rétablissent souvent si les conditions météorologiques sont bonnes; par contre, par temps chaud et sec, des plants qui auraient dû se rétablir peuvent mourir. Voir le tableau 4-8, *Calcul du potentiel de rendement pour plusieurs densités de peuplement*, sur cette page. La date de semis aura une incidence sur la décision de reprendre les semis ou non.

### Taux de semis

Traditionnellement, on avait l'habitude d'exprimer les taux de semis recommandés en boisseaux par acre, et la norme était de 2 bo/ac pour la plupart des céréales.

Or ce genre de généralisation n'est désormais plus acceptable parce que le taux de semis dépend du calibre des semences. Il faut calculer les taux de semis optimaux pour chaque culture céréalière. Le tableau 4-9, *Densités de peuplement recommandées pour les cultures céréalières*, sur cette page, donne les quantités recommandées selon le type de culture. Le tableau 4-10, *Calcul du taux de semis*, page en regard, indique le nombre de graines par mètre de rang et le nombre de kilogrammes de semence par hectare qui sont nécessaires pour obtenir différentes densités de peuplement.

En ce qui a trait aux taux de semis et aux densités de peuplement recherchées, un cultivar qui offre un moins grand nombre de graines par kilogramme présente un inconvénient par rapport à un autre qui en offre un plus grand nombre. Pour obtenir la densité recommandée dans la plupart des sols, il faudra un taux de semis plus élevé (kg/ha) pour les cultivars ayant moins de graines par kilogramme.

**Tableau 4-9.** Densités de peuplement recommandées pour les cultures céréalières

Culture	Peuplement visé		
	Plants/m <sup>2</sup> (plants/pi <sup>2</sup> )	Graines/ha (x 1 000)	Graines/ac (x 1 000)
Orge	250-350 (23-33)	2 500-3 500	1 000-1 400
Avoine	200-300 (19-28)	2 000-3 000	800-1 200
Céréales mélangées	200-350 (19-33)	2 000-3 500	800-1 400
Blé de printemps	300-400 (28-37)	3 000-4 000	1 200-1 600
Blé d'automne	350-450 (33-42)	3 500-4 500	1 400-1 800

Utiliser les taux les plus élevés des tableaux 4-9 et 4-10 :

- là où des problèmes risquent d'apparaître à la levée et au début de l'établissement des plantules (par exemple, si le lit de semence laisse à désirer ou si les semis se font par voie aérienne ou à la volée);
- si les semis sont faits tardivement et que le tallage sera réduit;
- sur les sols argileux très lourds.

Formule de calcul du taux de semis :

$$\text{Taux de semis (kg/ha)} = \frac{n^{\text{bre}} \text{ de graines/ha}}{n^{\text{bre}} \text{ de graines/kg}} \times \frac{100}{\% \text{ germination}}$$

$$\text{Taux de semis (lb/ac)} = \frac{n^{\text{bre}} \text{ de graines/ac}}{n^{\text{bre}} \text{ de graines/lb}} \times \frac{100}{\% \text{ germination}}$$

### Exemple de calcul

Le nombre de graines/kg (graines/lb) devrait être indiqué sur l'étiquette ou le sac de semences. Par exemple, si on vise 3,7 millions de graines/ha (1,5 million de graines/ac) et que le taux de germination est de 95 %, à raison de 26 500 graines/kg (12 000 graines/lb), le taux de semis sera de 147 kg/ha (132 lb/ac).

$$\text{Système international (métrique)} = \frac{3\,700\,000}{26\,500} \times \frac{100}{95} = 147 \text{ kg/ha}$$

$$\text{Système anglais (impérial)} = \frac{1\,500\,000}{12\,000} \times \frac{100}{95} = 132 \text{ lb/ac}$$



Tableau 4-10. Calcul du taux de semis

Écartement des rangs	Densité de peuplement souhaitée, graines/ha x 1 000 (graines/ac x 1 000)					
	2 000	2 500	3 000	3 500	4 000	4 500
	(809)	(1 012)	(1 213)	(1 416)	(1 619)	(1 661)
Nombre de graines par mètre de rang (nombre de graines par pied de rang)						
25 cm (10 po)	49 (15)	62 (19)	75 (23)	89 (27)	102 (31)	112 (34)
20 cm (8 po)	39 (12)	49 (15)	62 (19)	69 (21)	82 (25)	92 (28)
19 cm (7 1/2 po)	38 (12)	46 (14)	56 (17)	66 (20)	75 (23)	85 (26)
18 cm (7 po)	36 (11)	43 (13)	52 (16)	62 (19)	69 (21)	79 (24)
15 cm (6 po)	30 (9)	39 (12)	46 (14)	52 (16)	59 (18)	69 (21)
10 cm (4 po)	20 (6)	26 (8)	30 (9)	36 (11)	39 (12)	46 (14)
Graines/kg (graines/lb)	Kilogrammes de semence par hectare (livres de semence par acre)					
22 100 (10 000)	90 (80)	112 (100)	134 (120)	157 (140)	179 (160)	202 (180)
24 300 (11 000)	82 (73)	102 (91)	122 (109)	142 (127)	162 (145)	184 (164)
26 500 (12 000)	75 (67)	93 (83)	112 (100)	131 (117)	149 (133)	168 (150)
28 700 (13 000)	69 (62)	86 (77)	103 (92)	121 (108)	138 (123)	155 (138)
30 900 (14 000)	64 (55)	80 (71)	96 (86)	112 (100)	128 (114)	144 (128)
33 200 (15 000)	59 (53)	75 (67)	90 (80)	104 (93)	120 (107)	134 (120)
35 400 (16 000)	56 (50)	71 (63)	84 (75)	99 (88)	112 (100)	127 (113)
37 600 (17 000)	53 (47)	66 (59)	80 (71)	92 (82)	105 (94)	119 (106)
39 800 (18 000)	49 (44)	62 (55)	75 (67)	87 (78)	100 (89)	112 (100)
42 000 (19 000)	47 (42)	59 (53)	71 (63)	83 (74)	94 (84)	106 (95)
44 200 (20 000)	45 (40)	56 (50)	67 (60)	78 (70)	90 (80)	101 (90)

Tableau 4-11. Écartement des rangs de blé d'automne

Endroit	Écartement des rangs de blé d'automne				
	10 cm (4 po)	18 cm (7 à 7½ po)	25 cm (10 po)	36 cm (14 à 15 po)	51 cm (20 po)
Rendement t/ha (bo/ac)					
États-Unis					
Wisconsin 1985-1987	6,32 (94)	6,32 (94)	5,44 (81)	-	-
Ohio	-	4,10 (61)	4,03 (60)	3,97 (59)	3,56 (53)
Canada					
Ontario <sup>1</sup>	5,38 (80)	5,38 (80)	-	-	-
Ontario <sup>2</sup>	(88,8)		(81,4)		
Essais à la ferme					
Comté d'Essex	-	5,12 (76)	4,97 (74)	-	-
Comté de Middlesex	-	5,98 (89)	5,91 (88)	-	-

<sup>1</sup> Source : Smid, Collège de Ridgeway, Université de Guelph, 1987-1990.<sup>2</sup> Johnson, rapport Programme de recherche et de développement Canada-Ontario 2006-2007.

### Écartement des rangs

Une somme considérable d'études a porté sur les écartements des rangs de céréales permettant les meilleurs rendements. Le tableau 4-11, *Écartement des rangs de blé d'automne*, sur cette page, résume les résultats de certaines recherches en provenance du nord des États-Unis et de tout l'Ontario, y compris certains essais à la ferme effectués dans la province. Rien ne permet de penser qu'il y aurait intérêt, dans les cultures d'automne, à opter pour une distance inférieure à valeur standard de 18 à 19 cm (7 à 7 1/2 po).

Il semble par ailleurs que l'accroissement des écartements s'accompagne d'une baisse de rendement: en effet, en Ontario, les recherches les plus récentes font état d'une perte de 8 % lorsque les rangées sont espacées de 38 cm (15 po) au lieu de 19 cm (7 1/2 po). Dans certains cas, cette baisse peut être compensée par une réduction des investissements en matériel et même se solder par une augmentation des profits. Parmi les nouveaux semoirs en ligne pour rangs de 25 cm (10 po), beaucoup permettent une mise en place des semences plus précise que les semoirs à céréales à écartement de 19 cm (7 1/2 po). Vu l'importance de la profondeur des semis, cette précision accrue peut compenser en partie les baisses de rendement attribuables à l'écartement des rangs, comme en témoignent les données recueillies dans les comtés d'Essex et de Middlesex ainsi qu'en Ohio, où des semoirs de précision ont été utilisés sur des rangs écartés de 25 cm (10 po).

Pour ce qui est des céréales de printemps, les essais menés dans le nord de l'Ontario ont montré des augmentations de rendement de plus de 5 % lorsque l'écartement des rangs passait de 18 à 10 cm (7 à 4 po). Il se peut donc que l'adoption d'un écartement de 10 cm (4 po) soit bénéfique dans cette région, mais ce serait difficile dans les systèmes de semis direct.

**Tableau 4-12. Aspects de la gestion des cultures de blé après diverses cultures dans les rotations**

Culture précédente	Commentaires
<b>Soya ou haricots secs comestibles</b>	Excellente rotation. Lorsque la récolte du soya est retardée, le potentiel de rendement du blé semé tardivement est moins bon. Sur les sols sablonneux, les populations de hanneton européen peuvent réduire les peuplements.
<b>Canola</b>	Excellente rotation. La meilleure option pour un semis effectué en temps opportun. Possibilité de réponse plus accentuée au phosphore de démarrage.
<b>Maïs (ensilage ou grain)</b>	Risque maximal de fusariose. Possibilité de mise en terre en temps opportun. Pour une culture de blé après du maïs, choisir un cultivar coté MR pour Fusarium (voir <a href="http://www.gocereals.ca">www.gocereals.ca</a> ) et prévoir l'épandage d'un fongicide pour prévenir cette maladie.
<b>Luzerne (peuplements purs)</b>	Possibilité de mise en terre en temps opportun. Risque de dommages causés par les insectes. Étant donné le moment de la libération de l'azote par rapport aux besoins de la culture, les crédits de N ne sont pas entièrement mis à profit. Jusqu'à la moitié de l'azote peut être libérée après la fin de l'absorption par la culture.
<b>Prairie de fauche</b>	Rotation médiocre. Le principal risque est le piétin-échaudage, une maladie des racines qui infecte la culture à l'automne avec possibilité de pertes de rendements de 50 %; risque d'autres maladies racinaires. Possibilité de maîtrise partielle du piétin-échaudage par un semis plus tardif combiné à l'application d'un engrais de potassium placé avec les semences.
<b>Avoine</b>	Rotation raisonnable; peu de maladies passent du blé à l'avoine.
<b>Orge</b>	Rotation non recommandée. De nombreuses maladies racinaires passent de l'orge au blé. Possibilité de maîtrise partielle du piétin-échaudage par un semis plus tardif combiné à l'application d'un engrais de potassium placé avec les semences.
<b>Blé</b>	La pire option (absence de rotation). Pression maximale due aux maladies foliaires et racinaires. Risque élevé de piétin-échaudage, de piétin-verse et de strie céphalosporienne avec peu d'options de gestion, ou aucune. Prévoir au moins 10 % de pertes de rendement.

### Rotations incluant le blé d'automne

La rotation des cultures fait partie intégrante de tout système de production; bien planifiée, elle a pour principal avantage d'accroître les rendements. Une bonne rotation des cultures facilite la lutte contre les prédateurs et les maladies et contribue au maintien ou à l'amélioration de la structure du sol et de sa teneur en matière organique. En plus d'améliorer les rendements, la succession de cultures différentes permet de réduire la pression exercée par les mauvaises herbes, d'étaler la charge de travail, de protéger le sol contre l'érosion et de réduire les risques. Le tableau 4-12, *Aspects de la gestion des cultures de blé après diverses cultures dans les rotations*,

sur cette page, montre certains des risques liés aux cultures de blé dans les rotations et des options de gestion connexes.

## Autres possibilités à explorer

### Fongicides et régulateurs de croissance

Les producteurs qui sont au fait des méthodes de culture des céréales employées en Europe savent qu'il est possible d'accroître les rendements en utilisant des fongicides, des régulateurs de croissance et davantage d'engrais. Compte tenu des conditions de croissance qui prévalent en Ontario, il est plus difficile de dégager des bénéfices d'un tel apport supplémentaire d'intrants. Les producteurs pour qui la culture des céréales n'a plus de secret ont appris à tirer parti de ces stratégies. Ils doivent déterminer le moment optimal pour faire les applications et savoir si celles-ci sont souhaitables.

L'un des volets de ces stratégies de gestion est la maîtrise des maladies foliaires. Pour plus d'information sur l'identification des maladies et les méthodes de lutte, voir le chapitre 14, *Maladies des grandes cultures*, et la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*. Les seuils d'intervention varient selon la maladie en cause, le stade de croissance et l'état de la culture. De façon générale, il est important de bien observer les deux feuilles supérieures des céréales à tous les stades de croissance. Si la maladie atteint l'une ou l'autre de ces feuilles ou les deux, déterminer si le seuil d'intervention a été atteint et si un traitement est justifié.

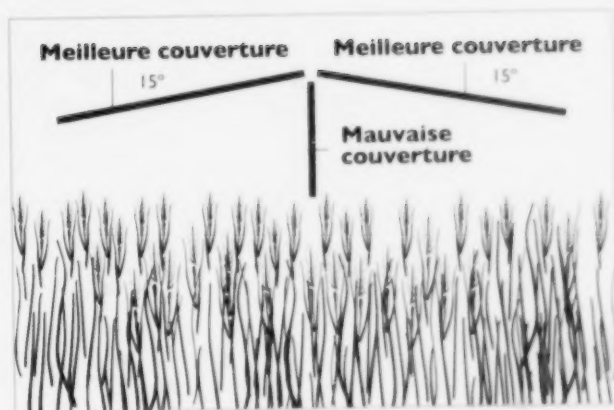
L'emploi des régulateurs de croissance est une autre solution à explorer. Certains cultivars de céréales ont un excellent potentiel de rendement mais versent avant la récolte, ce qui réduit les rendements et la qualité. Les régulateurs de croissance, lorsqu'ils sont utilisés à la bonne dose et au bon moment, peuvent mener à la production d'une paille plus forte et plus courte et empêcher la verse jusqu'au moment de la récolte. Cet intrant supplémentaire est superflu dans le cas des cultivars résistants à la verse (voir [www.gocereals.ca](http://www.gocereals.ca)).

### L'essentiel sur les traitements aux pesticides : lutte contre la fusariose dans le blé

Les fongicides pour la lutte contre la fusariose ne donnent des résultats optimaux que s'ils sont appliqués avec des buses spéciales ou des combinaisons de celles-ci. Pour maximiser la couverture de pulvérisation des épis de blé, effectuer le traitement au bon moment et avec la meilleure configuration possible des buses.

### Maximiser la couverture des épis de blé

Lors de l'application de fongicides pour la prévention de la fusariose, la clé est d'arroser tous les côtés des épis avec le produit. Les épis qui ne sont pas mouillés ou seulement en partie ne seront pas adéquatement protégés. Des recherches effectuées au campus de Ridgetown de l'Université de Guelph depuis 2001 portent sur l'évaluation des buses d'aspersion et les combinaisons de buses permettant d'optimiser la couverture de tous les côtés des épis de blé.



**Figure 4-5.** Configuration recommandée pour un système à buses doubles orientées avant-arrière

Les buses ayant un angle d'attaque faible comme les doubles buses avant-arrière et les buses Turbo Floodjet alternatives donnent une bien meilleure couverture de pulvérisation des épis de blé que celles dont le jet est orienté vers le bas.

Les résultats montrent que plus l'orientation des jets est voisine de l'horizontale, vers l'avant et l'arrière, plus la couverture est complète. Avec les buses dont le jet était voisin de la verticale, la couverture des épis était nettement moins bonne. La figure 4-5. *Configuration recommandée pour un système à buses doubles orientées avant-arrière*, sur cette page, montre le dispositif en question vu de l'extrémité de la rampe d'aspersion. Les buses Turbo Floodjet montées à intervalle 51 cm (20 po) le long de la rampe sont également orientées à 15° sous l'horizontale. Ce sont ces montages de buses doubles qui donnent la meilleure couverture de pulvérisation pour la lutte contre la fusariose.

### Volumes d'eau

Suivre les instructions figurant sur l'étiquette. L'emploi de plus grandes quantités d'eau devrait permettre d'améliorer la couverture de pulvérisation, notamment par temps venteux. Pour une application au sol, employer des volumes d'eau de l'ordre de 168 à 187 L/ha (18 à 20 gal/ac), sans dépasser cette deuxième valeur.

### Vitesse d'avancement du pulvérisateur

La couverture reste presque inchangée entre 10 et 20 km/h. Lors des essais, la modification des vitesses d'avancement n'a entraîné aucun changement du classement des différents types de buses ni de la qualité des couvertures de pulvérisation des épis de blé. Cette valeur ne constitue donc pas un facteur critique à cet égard.

### Distance de la buse à la cible

Les buses doubles orientées avant-arrière et les buses Turbo Floodjet alternatives doivent être actionnées à une hauteur de 25 à 30 cm (10 à 12 po) au-dessus du couvert végétal. Actionner les autres types de buses assez haut (environ 50 cm [20 po]

du couvert végétal) pour permettre un bon déploiement du jet. Au-dessus de cette valeur minimale, il en résultera une importante réduction de la couverture des épis qui peut atteindre 50 % au double de cette distance.

### Moment de l'application de fongicides pour la lutte contre la fusariose

Le jour 0 correspond au moment où 75 % des épis des tiges principales ont entièrement émergé. Prévoir les applications entre les jours 1 à 4, le moment optimal étant le jour 2.

### Résistance au délavage par la pluie

Les fongicides actuellement employés contre la fusariose (Folicur et Proline) résistent au délavage par la pluie pendant une heure. Pulvériser lorsque les épis sont assez secs. Les gouttelettes peuvent provoquer le ruissellement du produit sur les épis et réduire la couverture.

### Nettoyage de la rampe avant le traitement du blé

Les pulvérisateurs doivent absolument être entièrement nettoyés, y compris les couvercles d'extrémité de la rampe. À l'épiaison, le blé est extrêmement sensible à toute contamination des produits de traitement, avec des pertes de rendement voisines de 100 % dans les cas graves. Si le pulvérisateur n'est pas convenablement nettoyé, il vaut mieux ne faire aucun traitement contre la fusariose.

### Prévision de la fusariose

Weather Innovations Inc. (WIN) offre le système de modélisation météorologique DONcast (en anglais seulement); l'existence de ce service gratuit est rendue possible par les commandites de la Commission ontarienne de commercialisation du blé et de Bayer CropScience. Voir le site Web de WIN à [www.weatherinnovations.com](http://www.weatherinnovations.com) et suivre les instructions.

## Gestion de la fertilisation

### Azote

Les céréales font partie de la famille des graminées et sont très sensibles aux apports d'azote. L'épandage de cet élément en quantité excessive provoque la verse des cultures de céréales, entraînant une perte de rendement et de qualité ainsi que des difficultés au moment de la récolte (voir la planche 24, p. 282). La dose optimale d'azote pour un champ donné dépend de la culture visée, des applications préalables de fumier ou d'engrais, du type de sol et de la rotation des cultures. Partir des recommandations générales, mais prendre aussi en considération les observations sur la croissance de la culture et sa tendance à verser.

**Tableau 4-13. Besoins en azote des cultures céréalières**

Culture	Quantité d'azote requise <sup>1</sup>	
	kg/ha	(lb/ac)
Orge (zones recevant 2 800 UTC ou moins)	70 <sup>2</sup>	(63)
Orge (zones recevant plus de 2 800 UTC ou moins)	45	(40)
Céréales servant de plantes-abri aux cultures fourragères	15	(14)
Céréales mélangées, triticales de printemps (sud de l'Ontario)	45	(40)
Céréales mélangées, triticales de printemps (nord de l'Ontario)	70	(63)
Avoine, seigle de printemps (sud de l'Ontario)	35	(32)
Avoine, seigle de printemps (nord de l'Ontario)	55	(50)
Blé de printemps	70	(63)
Orge d'automne, seigle d'automne	90 <sup>3</sup>	(81)
Triticale d'automne	80	(72)
Blé d'automne	Voir le tableau 4-14	

**100 kg/ha = 90 lb/ac**

<sup>1</sup> Réduire les doses d'azote dans les champs ayant reçu du fumier ou ayant servi précédemment à la culture d'une pelouse de légumineuses (voir le tableau 9-7, *Réduction des besoins en azote à la suite de l'enfouissement d'un engrais vert de légumineuses*, p. 162, et le tableau 9-8, *Quantités moyennes d'azote, de phosphate et de potasse biodisponibles selon la source d'éléments nutritifs organiques*, p. 164).

<sup>2</sup> Voir *Teneur du sol en azote des nitrates pour l'orge de printemps*, sur cette page.

<sup>3</sup> Sauf en rotation avec le tabac.

## Recommandations générales

Pour les recommandations générales sur les apports d'azote pour les céréales, voir le tableau 4-13, *Besoins en azote des cultures céréalières*, sur cette page, le tableau 4-14, *Besoins en azote du blé de qualité pâtissière*, sur cette page, et le tableau 4-15, *Recommandations relatives aux apports d'azote pour l'orge de printemps selon la teneur du sol en azote des nitrates*, page en regard.

## Blés roux d'automne

Les cultivars de blé vitreux roux d'automne actuellement recommandés en Ontario ne sont pas équivalents aux blés roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS), mais ce sont des cultivars de vigueur moyenne ou intermédiaires ayant certaines propriétés de boulangerie ou d'autres qualités qui leur sont propres. Pour répondre aux normes de qualité, ils doivent parfois avoir une forte teneur en protéines, ce qui peut rendre nécessaire une augmentation de la dose d'engrais azoté. Selon des recherches limitées effectuées sur le terrain, la dose optimale d'azote serait de 30 à 45 kg/ha (27 à 40 lb/ac) supérieure à celle qui est recommandée pour le blé (tendre) de qualité pâtissière. Il se peut que le fractionnement des épandages permette d'accroître la teneur en protéines, mais la différence est trop faible pour que cette méthode soit économique.

De nouveaux cultivars de blé roux vitreux sont constamment en cours d'évaluation. Certains d'entre eux pourraient ne pas nécessiter d'apports supplémentaires d'azote pour atteindre les teneurs en protéines qui assurent des primes maximales.

**Tableau 4-14. Besoins en azote du blé de qualité pâtissière**

Rapport coût de l'azote/prix du blé	Rendement prévu, t/ha (bo/ac)		
	4 (60)	5 (75)	6 (90)
Dose d'azote la plus rentable (kg/ha)			
5	75	95	110
6	70	85	105
7	65	80	100
8	60	75	95

**100 kg/ha = 90 lb/ac**

Pour le blé tendre roux ou blanc de qualité pâtissière. Le rapport de prix est le coût de l'azote contenu dans l'engrais (\$/kg de N) divisé par le prix de vente du blé (\$/kg de blé). Voir annexe B, *Feuille de calcul des doses d'azote pour le maïs (unités impériales) et explications détaillées*, p. 258. On peut épandre jusqu'à 10 kg d'azote/ha au semis et le reste en surface, au début du printemps.

**Exemple de rapport de prix :** si le prix du nitrate d'ammonium et d'urée (NAU) est de 350 \$/t, un kilogramme de N coûte  $350 \$ \div 280 = 1,25 \$/\text{kg}$ . La valeur du blé est de 250 \$/t, ou 0,25 \$/kg. Le rapport de prix est donc de  $1,25 \$ \div 0,25 = 5$ . Autrement dit, il faut 5 kg de blé pour payer 1 kg d'azote.

Se renseigner auprès des fournisseurs de semences pour obtenir des conseils sur les doses d'azote recommandées selon les cultivars.

Au cours du développement du plant, l'absorption d'azote allant à la production de protéines dans le grain a lieu plus tard que celle allant à l'amélioration du rendement. Les cultivars de blé vitreux sont donc parfaitement adaptés à l'absorption d'azote en provenance de sources qui libèrent cet élément lentement ou de sources organiques (enfouissement de légumineuses ou fumier de bétail). De ce fait, les teneurs en protéines recherchées sont souvent plus faciles à atteindre sur les fermes d'élevage.

## Teneur du sol en azote des nitrates pour l'orge de printemps

L'analyse de la teneur du sol en azote des nitrates peut servir à prévoir les besoins en azote de l'orge de printemps dans des régions de la province autres que l'est de l'Ontario et recevant moins de 3 000 UTC (voir la figure 1-1, *Unités thermiques [UTC-M1] disponibles pour le maïs*, p. 9).

Comme les sols ont une capacité très variable à fournir l'azote aux plantes, les recommandations générales présentées au tableau 4-13, *Besoins en azote des cultures céréalières*, sur cette page, ne sont pas nécessairement les plus rentables dans tous les cas. La quantité d'azote des nitrates présente dans le sol près du moment des semis peut être un indicateur utile de l'aptitude du sol à fournir cet élément à la culture.

Prendre la recommandation fondée sur la teneur du sol en azote des nitrates au printemps comme un indicateur utile en vue de l'élaboration du programme de fertilisation azotée de l'orge de printemps (voir le tableau 4-15, *Recommandations relatives aux apports d'azote pour l'orge de printemps selon la teneur du sol en azote des nitrates*, page en regard).



**Tableau 4-15.** Recommandations relatives aux apports d'azote pour l'orge de printemps selon la teneur du sol en azote des nitrates

Teneur du sol en azote des nitrates au printemps à 0-30 cm (kg/ha) <sup>1</sup>	Rapport de prix <sup>2</sup>			
	8	7	6	5
10	138	147	156	165
20	107	114	122	129
30	76	81	87	93
40	44	49	53	57
50	13	16	18	21
60	0	0	0	0

100 kg/ha = 90 lb/ac

Dans les zones situées ailleurs que dans l'est de l'Ontario qui reçoivent moins de 3 000 UTC.

<sup>1</sup> Teneurs du sol en azote des nitrates (à 30 cm de profondeur) : pour convertir des ppm en kg/ha, multiplier par 4.

<sup>2</sup> Le rapport de prix est le coût de l'azote contenu dans l'engrais (\$/kg de N) divisé par le prix de vente de l'orge (\$/kg d'orge). Voir l'annexe B, Feuille de calcul des doses d'azote pour le maïs (unités impériales) et explications détaillées, p. 258.

### Moment et profondeur de l'échantillonnage

Prélever les échantillons le plus près possible du moment des semis (dans les cinq jours qui les précèdent), ce qui laisse le temps d'expédier les échantillons à un laboratoire accrédité, de les faire analyser et de recevoir les résultats; s'adresser au laboratoire pour connaître les délais à prévoir.

Prélever toutes les carottes d'un champ donné à une profondeur de (30 cm [12 po]). Pour s'assurer que l'échantillon est représentatif du champ, prélever le même nombre de carottes en suivant le même schéma d'échantillonnage que ce qui est recommandé pour une analyse de sol ordinaire sous *Prélèvement des échantillons*, p. 156. Voir également l'annexe C, *Laboratoires accrédités pour les analyses de sol en Ontario*, on page 260.

### Faire preuve de jugement

Il faut parfois corriger les doses recommandées d'azote qui se fondent sur les résultats des analyses de la teneur du sol en azote des nitrates; en effet le test ne détecte pas l'azote du fumier épandu ou des légumineuses enfouies juste avant l'échantillonnage, qui n'a pas encore été convertie en nitrates. Les résultats sont accompagnés d'explications sur le calcul de cette correction.

Faire preuve de prudence si une forte dose d'engrais azoté est recommandée dans un champ où l'orge a été touchée par la verse à des doses plus faibles. Les résultats des analyses de la teneur du sol en azote des nitrates n'ont pas été évalués adéquatement pour ce qui est des facteurs suivants :

- enfouissement de légumineuses utilisées comme engrais vert ou fumier épandu à la fin de l'été ou à l'automne précédent;
- culture d'orge après une légumineuse dans un système de semis direct avec destruction chimique de la légumineuse.

**Tableau 4-16.** Pertes de rendement liées à des schémas d'épandage de l'azote erronés

Rendement t/ha (bo/ac)	
Dose faible de N	Pleine dose de N
3,72 (55,3)	5,20 (77,3)

Source : P. Johnson, MAAARO.

D'après les résultats obtenus à deux endroits dans le comté de Middlesex, en 1998, à raison de trois répétitions à chaque endroit.

### Uniformité des épandages d'engrais azoté

Pour obtenir un rendement maximal, épandre l'azote uniformément sur tout le champ. L'uniformité de l'épandage est plus importante que la forme sous laquelle l'engrais azoté se présente. Le tableau 4-16, *Pertes de rendement liées à des schémas d'épandage de l'azote erronés*, sur cette page, montre les conséquences d'un mauvais calcul des quantités d'engrais. On a constaté un écart de rendement de 1,48 t/ha (22 bo/ac) entre les bandes ayant reçu la pleine dose d'engrais et celles ayant une dose trop faible.

L'épandage de solution de nitrate d'ammonium et d'urée (NAU) (28-0-0 ou 32-0-0) avec des buses à jet concentré donne une excellente couverture uniforme d'azote qui s'accompagne d'un petit gain de rendement (2,5 bo/ac), comme le montre le tableau 4-17, *Le NAU comme support pour herbicides*, page suivante. L'application d'urée ou de nitrate d'ammonium (nitrate d'ammonium et de calcium) peut aussi se faire à l'aide d'appareils de distribution à air qui donnent une meilleure uniformité, bien que des inégalités puissent subsister. Les jours humides, l'urée peut s'accumuler dans les tubes de distribution, gêner l'écoulement et nuire à l'uniformité de la couverture. Pour obtenir un schéma de distribution uniforme, s'assurer que le liquide circule librement dans les tubes.

Ce sont souvent les épandeurs rotatifs qui donnent la couverture la moins régulière. Si on utilise quand même ces appareils, pour compenser le manque d'uniformité, doubler le nombre de passages (en réduisant la superficie traitée à 6 m [20 pi] au lieu de 12 m [40 pi] de centre à centre, et en réduisant la dose de moitié).

Les engrais à base de NAU appliqués à l'aide de buses à jet concentré brûlent peu les feuilles, sinon pas du tout. IL EST DÉCONSEILLÉ de pulvériser de l'azote 28 % (NAU) à la volée (à l'aide de buses à miroir ou de buses à jet en T) sur des cultures de céréales levées. Le tableau 4-17, montre les pertes de rendement provoquées par cette pratique. L'ajout d'azote 28 % à une application d'herbicide, en particulier s'il s'agit d'un herbicide de contact, aggrave considérablement les dommages aux feuilles et les pertes de rendement (voir la planche 25, p. 283).

### Moment des applications d'azote

La plupart des engrais azotés destinés aux céréales de printemps sont appliqués avant les semis et incorporés au sol. Cette façon de procéder permet une absorption optimale de l'engrais par la culture tout en limitant les risques de pertes par ruissellement ou par volatilisation. Le traitement en surface des céréales de printemps levées est acceptable, surtout si on a appliqué un engrais de démarrage au moment des semis.



**Tableau 4-17.** Le NAU comme support pour herbicides

	Dommages visibles (%)	Rendement (bo/ac)
200 L d'eau/ha	0	95
150 L d'eau/ha + 50 L de NAU/ha	3	95
100 L d'eau/ha + 100 L de NAU/ha	5	91
50 L d'eau/ha + 150 L de NAU/ha	7	91
200 L de NAU/ha	9	89

Sikkema, Université de Guelph 2008 (CTAR), en cours.

Les céréales d'automne ne devraient recevoir qu'une faible dose d'engrais azoté au moment des semis à cause du risque de perte d'azote durant l'hiver. Le gros de l'azote doit être appliqué au début du printemps, juste au moment où la culture commence à verdifier. Il n'est pas toujours avantageux de fractionner les applications d'azote sur les céréales de printemps ni sur les blés d'automne de qualité pâtissière.

### Phosphate et potasse

Les recommandations pertinentes figurent au tableau 4-19, *Doses de phosphate et de potasse recommandées pour les céréales d'après les analyses reconnues par le MAAARO*, page suivante.

Pour plus d'information sur la lecture de ces tableaux ou en l'absence d'une analyse de sol reconnue par le MAAARO, voir *Recommandations d'engrais*, p. 158.

### Modes d'épandage

Quand les céréales ont besoin d'un engrais phosphaté, il vaut mieux appliquer celui-ci avec la semence. Les engrais appliqués avec la semence peuvent comprendre une partie ou la totalité des apports d'azote et de potasse nécessaires, selon les doses. Pour plus d'information, voir le tableau 9-21, *Doses maximales sûres des éléments fertilisants*, p. 176.

### Analyse des tissus végétaux

Pour les céréales, prélever les deux feuilles les plus hautes au stade de l'épiaison. Cependant, échantillonner les plants soupçonnés de souffrir d'une carence en éléments nutritifs aussitôt que le problème se manifeste. Prélever les plants de moins de 20 cm (8 po) de haut en entier. Si l'échantillonnage est effectué à un autre moment qu'au stade de l'épiaison, prélever dans les zones carencées et dans des zones saines du champ pour permettre des comparaisons.

À l'échantillon de tissu végétal, joindre un échantillon de sol prélevé au même endroit et en même temps.

**Tableau 4-18.** Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour les céréales

Élément nutritif	Unité	Concentration critique <sup>1</sup>	Concentration normale maximale <sup>2</sup>
Azote (N)	%	2,0	2,7
Phosphore (P)	%	0,1	0,5
Potassium (K)	%	1,0	3,0
Calcium (Ca)	%	—	1,0
Magnésium (Mg)	%	0,15	1,0
Bore (B)	ppm	3	40
Cuivre (Cu)	ppm	3	50
Manganèse (Mn)	ppm	15	200
Zinc (Zn)	ppm	10	70

Les valeurs se rapportent aux deux feuilles supérieures du plant prélevées au moment de l'épiaison.

<sup>1</sup> Prévoir une baisse de rendement due à une carence en un élément nutritif donné lorsque la concentration de ce dernier tombe au niveau critique ou sous celui-ci.

<sup>2</sup> Les concentrations maximales normales sont plus que suffisantes, mais ne causent pas forcément de toxicité.

Pour plus de renseignements à ce sujet, voir le tableau 4-18, *Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour les céréales*, sur cette page, ainsi que l'annexe I, *Services de diagnostic*, p. 266.

### Oligo-éléments

#### Manganèse

Les carences en manganèse sont fréquentes dans les cultures de blé, d'avoine ou d'orge sur des sols organiques (terres noires). Elles se produisent occasionnellement sur des sols minéraux riches en matière organique et à pH élevé, ainsi que sur des sols très sablonneux. Dans l'avoine, la carence en manganèse se traduit par l'apparition de taches ovales, grises et irrégulières sur les feuilles (voir la planche 26, p. 283). Dans l'orge et le blé, elle se manifeste le plus souvent par des stries jaune clair sur le limbe, alors que les nervures restent d'un vert un peu plus foncé (voir la planche 27, p. 283). Les analyses de sol et de tissus sont utiles pour trouver les endroits où des carences en manganèse sont susceptibles de se produire. Les laboratoires d'analyse de sol accrédités par le MAAARO offrent ces deux types de tests.

Aussitôt que la carence est détectée, la corriger en pulvérisant sur le feuillage 2 kg/ha de manganèse (8 kg/ha de sulfate de manganèse) dans 200 L d'eau. Ajouter un mouillant-adhésif à la bouillie. En cas de carence prononcée, une deuxième pulvérisation peut être souhaitable. Dans les zones présentant des carences graves en manganèse, il peut être nécessaire de faire une application en automne pour assurer la survie hivernale des céréales d'automne.

**Tableau 4-19.** Doses de phosphate et de potasse recommandées pour les céréales d'après les analyses reconnues par le MAAARO

Teneur en phosphore évaluée au bicarbonate de sodium (ppm)	Orge de printemps, blé de printemps et céréales mélangées		Avoine, triticale de printemps et seigle de printemps		Blé d'automne, seigle d'automne, orge d'automne et triticale d'automne		Céréales de printemps ou d'automne avec sous-semis	
	Cote <sup>1</sup>	Quantité de phosphate <sup>2</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) à appliquer kg/ha	Cote <sup>1</sup>	Quantité de phosphate <sup>2</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) à appliquer kg/ha	Cote <sup>1</sup>	Quantité de phosphate <sup>2</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) à appliquer kg/ha	Cote <sup>1</sup>	Quantité de phosphate <sup>2</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) à appliquer kg/ha
0-3		110		70		70		130
4-5	RÉ	100	RÉ	60	RÉ	60	RÉ	110
6-7		90		50		50		90
8-9		70		30		30		70
10-12		50		20		20		50
13-15	RM	20	RM	20	RM	20	RM	30
16-20		20		0		20		20
21-25	RF	0	RF	0	RF	0	RF	20
26-30		0		0		0		0
31-40		0		0		0		0
41-50	RTF	0	RTF	0	RTF	0	RTF	0
51-60		0		0		0		0
61 +	RN <sup>3</sup>	0	RN <sup>3</sup>	0	RN <sup>3</sup>	0	RN <sup>3</sup>	0

Teneur en potassium évaluée à l'acétate d'ammonium (ppm)	Cote <sup>1</sup>	Dose de potasse <sup>2</sup> (K <sub>2</sub> O) à appliquer (kg/ha)	Cote <sup>1</sup>	Dose de potasse <sup>2</sup> (K <sub>2</sub> O) à appliquer (kg/ha)	Cote <sup>1</sup>	Dose de potasse <sup>2</sup> (K <sub>2</sub> O) à appliquer (kg/ha)	Cote <sup>1</sup>	Dose de potasse <sup>2</sup> (K <sub>2</sub> O) à appliquer (kg/ha)
0-15		90		70		50		90
16-30	RÉ	80	RÉ	50	RÉ	40	RÉ	80
31-45		70		40		30		70
46-60		50		30		20		50
61-80		40		20		20		40
81-100		30	RM	20	RM	20		30
101-120	RM	20	RF	0	RF	20	RM	20
121-150		20		0		0		20
151-180	RF	0	RTF	0	RTF	0	RF	0
181-210		0		0		0		0
211-250	RTF	0		0		0	RTF	0
251 +	RN <sup>4</sup>	0	RN <sup>4</sup>	0	RN <sup>4</sup>	0	RN <sup>4</sup>	0

100 kg/ha = 90 lb/ac

<sup>1</sup> RÉ, RM, RF, RTF et RN indiquent la probabilité que la fertilisation soit rentable, à savoir respectivement : probabilité de rentabilité élevée, moyenne, faible, très faible et nulle. L'épandage d'éléments nutritifs est rentable lorsque l'accroissement de la valeur de la récolte crée par le gain de rendement ou de qualité dépasse le coût d'application de l'élément nutritif en question.

<sup>2</sup> Si on utilise du fumier, réduire les épandages d'engrais en fonction de la quantité et de la qualité du fumier (voir *Gestion des fumiers*, p. 163). Pour l'orge de printemps cultivée dans des endroits recevant moins de 2 800 UTC, les besoins en azote s'élèvent à 70 kg/ha (voir le tableau 4-13, *Besoins en azote des cultures céréalières*, p. 98) lorsqu'on n'a pas épandu de fumier et qu'aucune légumineuse n'a été cultivée précédemment. Si l'analyse montre une teneur de 11 ppm en phosphore et de 48 ppm en potassium, épandre 50 kg de phosphate et 50 kg de potasse/ha. On peut répondre à ces besoins de phosphore et de potassium en enfouissant 250 kg (50 + 20 x 100) de 5-20-20/ha; la quantité recommandée d'azote sera fournie par un épandage à la volée de 170 kg de 34-0-0 ou 130 kg de 45-0-0/ha.

<sup>3</sup> La cote RN peut correspondre à une perte de rendement ou à un déséquilibre des éléments nutritifs dans la culture.

<sup>4</sup> La cote RN peut correspondre à une perte de rendement ou de qualité principalement due à une carence en magnésium. Les sols argileux ou les loams argileux non fertilisés ont parfois des teneurs supérieures à 250 ppm, ce qui ne pose habituellement aucun problème parce qu'ils sont aussi souvent naturellement riches en magnésium.

**Tableau 4-20.** Influence de la vitesse de rotation du ventilateur sur le rendement du blé

	Vitesse de rotation du ventilateur (tours/minute)						
	1 160	1 190	1 220	1 250	1 280	1 320	1 330
	Réglage du crible : 6 mm (¼ po)						
	Avant fermé						
Grain sain au sol : par m <sup>2</sup> (par pi <sup>2</sup> )	172 (16)	125 (11,6)	340 (31,6)	263 (24,4)	379 (35,2)	446 (41,4)	470 (43,6)
Perte : t/ha (bo/ac)	0,06 (0,83)	0,04 (0,58)	0,11 (1,58)	0,08 (1,22)	0,12 (1,76)	0,14 (2,07)	0,15 (2,18)
Perte pour un rendement de 4,03 t (60 bo) : %	1,38	0,97	2,63	2,03	2,93	3,45	3,56

Source : Art Schaafsma, Université de Guelph, Collège de Ridgeway, 1996.

Case International 1644, blé Harus, comté d'Essex, le 17 juillet 1996. Vitesse d'avancement de 6,8 km/h (4,2 milles/h). Vitesse de rotation de 880 tours/minute.

L'épandage de manganèse sur le sol n'est pas recommandé, quelle qu'en soit la source, parce qu'il en faudrait de très grandes quantités. La plupart du temps, les carences qui touchent les plants sont causées par une faible biodisponibilité du manganèse plutôt que par un manque de cet élément dans le sol. Il est peu fréquent qu'un apport de manganèse au sol permette de corriger la situation.

### Cuivre

Des carences en cuivre sont susceptibles de se produire dans les sols organiques (terres noires); on en soupçonne l'existence en de rares occasions sur des sols très sablonneux. Le symptôme le plus fréquent est le dépérissement de la pointe de la feuille, souvent accompagné du vrillage des feuilles supérieures. Pour plus d'information sur la correction des carences en cuivre, voir *Oligo-éléments*, p. 161.

### Bore

Aucune carence en bore n'a été diagnostiquée dans les céréales. Un apport de cet élément peut même être toxique et provoquer le blanchiment des tissus foliaires des plantules.

### Zinc

Il ne semble pas y avoir de carences en zinc dans les céréales.

Ne pas employer de mélanges engrais-herbicides en traitements foliaires, à moins que ce soit recommandé par des autorités compétentes. Toujours consulter l'étiquette des herbicides.

## Récolte et entreposage

### Réglage optimal de la moissonneuse-batteuse

Les manuels d'utilisation sont la première source à consulter pour les réglages du matériel de récolte d'une petite production de céréales. Il arrive à l'occasion que des conditions particulières rendent nécessaires des réglages plus poussés. Une attention particulière doit être apportée à la récolte des grains endommagés par *Fusarium*, des cultures versées ou des cultures infectées par la carie naine ou la carie du blé. Le moyen le plus facile et le plus sûr d'améliorer l'échantillon de grain dans ces cas est de bien régler la moissonneuse-batteuse. Souvent, cette opération suffit à faire la différence entre une récolte commercialisable et un blé de grade d'échantillon. Ne pas hésiter à expérimenter.

L'entreposage de la culture permet d'améliorer la qualité du grain avant de le livrer au silo-élevateur ou à la minoterie. Cela est particulièrement important dans le cas du blé infecté par l'une ou l'autre forme de carie. De nombreux producteurs ont fait l'expérience d'un second nettoyage du grain à l'aide de tarares, de nettoyeurs-séparateurs et de tables densimétriques dans le but d'améliorer la qualité de l'échantillon. Il est également possible de confier cette tâche aux exploitants des silos-élevateurs contre rémunération, ce qui peut être extrêmement avantageux si l'on peut amener la production du grade de grains récupérés à celui de blé de meunerie. L'amélioration de la qualité du grain permet à l'exploitant du silo-élevateur de trouver plus facilement preneur pour le produit.

### Grain endommagé par *Fusarium*

Normalement, à la récolte, le grain est séparé de la balle par un jet d'air dans la moissonneuse-batteuse. La plupart des grains infectés par *Fusarium* sont petits, ratatinés et plus légers que les grains sains; il est donc souvent possible d'en éjecter une grande proportion à l'arrière de la moissonneuse-batteuse en augmentant le débit du ventilateur au-delà des valeurs habituelles. En 1996, de nombreux producteurs ont réglé le ventilateur à vitesse maximale pour améliorer la qualité du grain. Une étude menée en 1996 par M. Art Schaafsma (Université de Guelph, Collège de Ridgeway) a montré qu'en faisant tourner le ventilateur à la vitesse maximale (jusqu'à 300 tours/minute de plus que le réglage prescrit), il était possible de réduire de 10 fois la quantité de grains endommagés par *Fusarium* qui se trouvaient dans le produit. Le fonctionnement du ventilateur de nettoyage à un tel régime entraîne aussi nécessairement un accroissement des pertes de bon grain, qui peuvent atteindre 0,13 t/ha (2 bo/ac) (voir le tableau 4-20, *Influence de la vitesse de rotation du ventilateur sur le rendement du blé*, sur cette page). Cette réduction du rendement est négligeable si la culture devient ainsi commercialisable au lieu d'être reléguée aux grades de blé fourrager, d'échantillon ou de grains récupérés.

Si l'incidence de *Fusarium* est élevée, ne pas entreprendre la récolte tant que la teneur en eau du grain est supérieure à 16 %. Les teneurs en eau élevées empêchent le ventilateur de rejeter vers l'arrière les grains endommagés, qui sont plus légers.

Par ailleurs, il se peut que la diminution de la vitesse d'avancement de la moissonneuse-batteuse réduise encore davantage les niveaux de *Fusarium* puisque l'air a ainsi plus de temps pour séparer le bon grain du grain infecté. Penser à ouvrir davantage la grille supérieure pour diriger l'air à la verticale; le mouvement de la masse de grain

vers l'arrière est ainsi ralenti, ce qui facilite son nettoyage et sa séparation. Veiller à ce que les épis et les particules de paille restent hors de l'échantillon de grain si la grille supérieure est ouverte.

Malheureusement, il arrive que la qualité du grain ne puisse être rendue conforme aux normes d'admissibilité aux grades meuniers. Dans ce cas, stocker la plus grande quantité possible de grain endommagé. Souvent, une fois la récolte terminée, les marchands de grains et les minotiers sont moins occupés et peuvent évaluer les marchés existants pour déterminer la meilleure façon de conditionner le blé en vue de répondre aux critères pertinents.

Ne pas oublier que le blé entreposé doit absolument être sec (14 % d'humidité ou moins). Une trop forte teneur en humidité permettrait la croissance de *Fusarium* et la production de toxines, ce qui nuirait encore davantage à la qualité de la récolte. Inspecter fréquemment le grain entreposé pour s'assurer qu'il reste en bon état.

### Récolte de céréales versées

Il existe plusieurs méthodes efficaces de récolte des céréales versées.

#### Releveurs d'épis

Si le blé a versé, le réglage de la moissonneuse-batteuse nécessite plus de travail et dure plus longtemps dans le champ. Même si des barres de coupe flexibles sur des tabliers flottants à soya font aujourd'hui partie de l'équipement de série des moissonneuses-batteuses, il peut être souhaitable d'utiliser des releveurs d'épis qui soulèvent la culture au-dessus de la barre de coupe. Il s'agit d'un moyen économique de maximiser les rendements.

#### Réglage des couteaux

Sur les barres de coupe flottantes, laisser les couteaux inclinés vers le bas et faire fonctionner le tablier dans la position flottante comme pour récolter une culture de soya. Si l'on opte pour cette solution, prendre garde de ne pas faire entrer de cailloux dans la moissonneuse-batteuse.

#### Réglage du rabatteur

Régler le rabatteur de la moissonneuse-batteuse. Le réglage de la plupart des rabatteurs est permanent et optimal pour la récolte du soya (les moissonneuses-batteuses plus récentes sont équipées d'un système hydraulique permettant le réglage à partir de la cabine), mais il ne convient pas à la récolte des céréales qui ont versé. Régler le rabatteur vers l'avant et modifier l'angle des peignes pour les rendre plus performants, de sorte que le rabatteur soulèvera la récolte au-dessus du sol et au-dessus des couteaux. Faire la mise au point à partir des réglages suggérés dans le manuel de l'utilisateur.

#### Passage à sens unique

La solution de dernier recours, à laquelle il faut malheureusement se résoudre certaines années, consiste à faire la récolte à sens unique de sorte que le grain versé soit orienté vers le tablier.

### Blé infecté par la carie

Pour éviter d'avoir à récolter du blé infecté par la carie, choisir des semences convenablement traitées de cultivars résistants. Toutefois, quand la carie a infecté une culture, les méthodes de récolte et d'entreposage doivent viser à éviter l'introduction des balles sporifères dans l'échantillon et à réduire l'odeur de poisson qui se dégage du grain après la récolte.

Ne pas récolter le blé infecté par la carie si sa teneur en eau est élevée. Les spores provenant des balles sporifères éclatées adhèrent plus facilement au grain mouillé. Récolter le grain une fois qu'il est sec en faisant tourner le cylindre à basse vitesse et en ouvrant le contre-batteur, de manière à réduire le nombre de balles sporifères qui éclatent pendant l'opération. Faire fonctionner les ventilateurs de nettoyage à haute vitesse pour éjecter le plus possible de balles sporifères et de spores de carie vers l'arrière de la moissonneuse-batteuse.

L'entreposage du blé infecté par la carie est un bon moyen d'améliorer la qualité du grain. L'aération est ici la clé du succès. Stocker les grains infectés dans des installations offrant une grande capacité d'aération. Aérer le grain jusqu'à ce que l'odeur disparaisse. Le manipuler délicatement au moment de le retirer de la cellule de stockage pour éviter de provoquer l'éclatement des balles sporifères qui seraient restées intactes, et qui risqueraient de contaminer à nouveau le produit. Déplacer le grain infecté par la carie avec des transporteurs à courroie plutôt que des vis de déchargement. Il est également possible de manipuler le grain par aspiration, ce qui permet souvent de le débarrasser des balles sporifères restantes et de le conserver en bon état.

Ne jamais contaminer du blé propre avec du blé infecté par la carie ni les mélanger. Il suffit d'une très faible proportion de grains contaminés pour faire diminuer la qualité de l'ensemble. Le mélange ne permet pas d'améliorer le grain endommagé, il a simplement pour effet de détériorer le produit. Pour en savoir plus long, voir *Carie naine* et *Carie commune*, p. 250.

### Séchage et entreposage du blé

On récolte parfois le blé d'automne à une plus forte teneur en eau parce qu'on prévoit du temps est pluvieux, ou dans le but de réduire les pertes de récolte. Le blé est considéré comme sec à une teneur en eau de 14,5 %.

Pour pouvoir être entreposé sans risque pendant de longues périodes, il doit avoir atteint une teneur en eau de 13 à 14 %.

#### Systèmes de séchage

Il existe trois principaux systèmes de séchage du blé :

- cellules à l'air ambiant;
- séchoirs à basse température (moins de 40 °C);
- séchoirs à haute température ou ultra-rapides (plus de 40 °C).

**Tableau 4-21.** Débit d'air recommandé pour le séchage du blé à l'air ambiant et à basse température

Teneur en eau (% à l'état humide)	Débit d'air minimal	
	L/sec/m <sup>3</sup>	pi <sup>3</sup> /min/bo
16	6,5	0,5
17	9,75	0,75
18	13	1,0

Adaptation d'un tableau tiré de Wilcke, William F., Hellevang, Kenneth J. *Wheat and Barley Drying*. FS-5949-GO, 1992. University of Minnesota, Extension Service.

### Séchage à l'air ambiant et à basse température

Le séchage du blé à l'air ambiant n'est possible que lorsque l'humidité relative à l'extérieur est inférieure à la teneur en eau à l'équilibre des grains. L'efficacité de cette méthode se trouve considérablement réduite pendant les périodes pluvieuses et la nuit, alors qu'il fait frais et que les taux d'humidité relative sont généralement élevés. Lorsque la température de l'air tombe à moins de 10 °C, la ventilation à l'air ambiant ne permet pas de retirer autant d'humidité, et il peut être nécessaire de chauffer. Des périodes prolongées de temps humide peuvent aussi rendre nécessaire un chauffage d'appoint pour le séchage. Le chauffage de l'air d'entrée de 5 °C permet d'assécher celui-ci sans toutefois trop assécher le grain placé au fond de la cellule. Voir le tableau 4-21, *Débit d'air recommandé pour le séchage du blé à l'air ambiant et à basse température*, sur cette page.

Exigences minimales pour le séchage à l'air ambiant :

- plancher d'aération complet dans la cellule de stockage;
- surface du grain égale sur toute la cellule de stockage;
- débit d'air d'au moins 6,5 L/sec/m<sup>3</sup> (0,5 pi<sup>3</sup>/min/bo), de préférence de 9,7 L/sec/m<sup>3</sup> (0,75 pi<sup>3</sup>/min/bo) ou plus;
- grain propre sans graines de mauvaises herbes ni particules fines;
- mesure précise de la teneur en eau du blé dans la cellule de stockage;
- mesure précise de la température de l'air et de l'humidité relative à l'extérieur;
- bonne compréhension de la teneur en eau à l'équilibre du blé;
- ventilateur commandé par un interrupteur.

Un plancher d'aération complet est essentiel pour permettre à l'air de se déplacer uniformément à travers tout le contenu de la cellule. Les planchers d'aération partiels et les systèmes de conduites permettent la formation de zones où l'air ne circule pas, ce qui crée des risques de gaspillage. Les graines de mauvaises herbes, les résidus de végétaux encore verts et les particules fines qui s'accumulent dans la cellule de stockage gênent le passage de l'air ou le dévient. L'air qui traverse la masse de grain suit toujours le chemin offrant le moins de résistance.

**Tableau 4-22.** Températures maximales de l'air recommandées pour le séchage du blé de meunerie et de semence

Type de séchoir ou utilisation finale du blé	Température maximale
Séchoirs discontinus sans recyclage d'air	60 °C
Séchoirs discontinus à recyclage d'air	60 °C-70 °C
Séchoirs continus à écoulement transversal	60 °C
Séchoirs à écoulement parallèle	70 °C
Blé de semence	40 °C

Copyright : Farm Drying of Wheat, Commission canadienne des grains, sept. 1992.

Wilcke, William F., Hellevang, Kenneth J. *Wheat and Barley Drying*. FS-5949-GO, 1992. University of Minnesota, Extension.

### Séchage à haute température

Le séchage du grain à haute température se fait avec de grands volumes d'air chaud à 40 °C ou plus, en quelques heures ou quelques jours. À cet effet, on peut utiliser des séchoirs à maïs, mais il peut être nécessaire de réduire la température de séchage afin d'éviter toute perte de pouvoir germinatif et de qualité de l'amidon. Ne pas dépasser les valeurs indiquées au tableau 4-22, *Températures maximales de l'air recommandées pour le séchage du blé de meunerie et de semence*, sur cette page, qui dépendent du type de séchoir et de l'utilisation finale du blé.

Pour sécher le blé en toute sécurité, s'assurer que la température des grains ne dépasse jamais 60 °C. Dans le contrat, vérifier si le séchage à l'air est permis pour le conditionnement du blé de semence.

La qualité boulangère du blé diminue si la température du grain atteint 60 °C pendant un certain temps. Lorsqu'on utilise des séchoirs à air chaud, il est recommandé de faire évaluer des échantillons pour s'assurer que le grain séché répond aux normes du marché.

Le blé gourd peut être séché à l'air ambiant si les conditions s'y prêtent. Cette opération exige beaucoup d'attention de la part de l'exploitant parce que le blé absorbe et perd facilement de l'humidité. Ne mettre le ventilateur en marche que lorsque les conditions extérieures permettent de faire progresser le séchage.

Ne pas laisser le ventilateur en marche 24 heures sur 24 parce que le grain redeviendrait humide la nuit, ce qui annulerait les progrès réalisés pendant le jour.

### Détermination du débit d'air

Il faut un débit d'air suffisant pour faire passer l'air à travers toute la masse de grain. Pour retirer l'humidité, le débit d'air doit être au moins de 6,5 L/sec/m<sup>3</sup> (0,5 pi<sup>3</sup>/min/bo); en deçà de ce seuil, il aura pour effet de modifier la température du blé sans toutefois influencer sa teneur en eau. Les débits d'air plus importants, de 9,75 L/sec/m<sup>3</sup> (0,75 pi<sup>3</sup>/min/bo) ou plus, permettent d'accélérer



**Tableau 4-23.** Teneur en eau à l'équilibre du blé tendre d'automne exposé à l'air

Température	Humidité relative				
	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %
0 °C	12,5	13,5	14,6	16,1	18,2
5 °C	12,1	13,1	14,2	15,7	17,9
10 °C	11,7	12,7	13,9	15,3	17,5
15 °C	11,4	12,4	13,5	15,0	17,2
20 °C	11,1	12,1	13,2	14,7	17,0
25 °C	10,8	11,8	13,0	14,4	16,7

le séchage, mais ils peuvent être difficiles à atteindre si ce n'est avec des ventilateurs beaucoup plus puissants. Étant donné le petit calibre des grains de blé, les interstices entre eux sont très étroits. Pour déplacer de grandes quantités d'air au travers d'une couche épaisse de grains de blé, il faut un gros ventilateur permettant de créer une pression statique élevée. Si la combinaison de la cellule de stockage et du ventilateur permet d'obtenir un débit de 26 L/sec/m<sup>3</sup> (2 pi<sup>3</sup>/min/bo) lorsque la cellule est remplie de maïs, ne remplir celle-ci qu'à moitié ou au tiers de blé. Pour sécher du blé à l'aide d'un ventilateur à écoulement axial, il peut être bon de commencer avec une épaisseur de blé équivalente au tiers de celle de maïs.

Pour calculer la valeur du débit en pi<sup>3</sup>/min/bo pour une cellule donnée, déterminer le nombre de boisseaux qu'elle contient et la pression statique que le ventilateur doit vaincre. Un simple manomètre relié à la chambre de répartition d'air située sous le faux fond perforé permet de mesurer la pression statique (équivalent en pouces d'une colonne d'eau). Voir le schéma d'un tel dispositif à la figure 11-1, *Manomètre de fabrication artisanale*, p. 183. À partir de la courbe de rendement du ventilateur, calculer son débit à la pression statique mesurée.

Pour calculer le débit d'air en pi<sup>3</sup>/min/bo, diviser le débit en pi<sup>3</sup>/min à la pression statique mesurée, par le nombre de boisseaux contenus dans la cellule de stockage (1 pi<sup>3</sup>/min/bo = 13 L/sec/m<sup>3</sup>).

S'il n'est pas possible d'obtenir le débit d'air voulu, une solution consiste à ne remplir que partiellement la cellule de stockage. Ainsi le ventilateur fonctionnera à une pression statique moindre et fournira un débit plus grand par boisseau.

### Teneur en eau à l'équilibre

Des chercheurs ont mis au point des tableaux (voir le tableau 4-23, *Teneur en eau à l'équilibre du blé tendre d'automne exposé à l'air*, sur cette page) qui indiquent la teneur en eau finale du blé d'automne selon la température et l'humidité relative de l'air.

Par exemple, on peut trouver la teneur en eau à l'équilibre de blé exposé à de l'air extérieur ayant une température de 25 °C et une humidité relative de 80 %. Au tableau 4-23, trouver

l'intersection de la rangée correspondant à 25 °C et de la colonne correspondant à une humidité relative de 80 %. La valeur indiquée à cet endroit (14,4 %) est la teneur en eau à l'équilibre du blé, qu'il atteindra s'il est soumis à ces mêmes conditions extérieures pendant un délai suffisamment long.

### Quand faire fonctionner le ventilateur

Mettre le ventilateur en marche non pas en fonction de l'heure de la journée, mais en fonction de la température et du taux d'humidité relative de l'air. En effet, selon la journée, le séchage peut avoir lieu entre 9 h et minuit ou seulement entre 9 h et 18 h. Vérifier souvent la température et le taux d'humidité relative de l'air au cours de la journée. Au fur et à mesure que la teneur en eau du blé diminue, il faut de l'air de plus en plus sec pour permettre au séchage de se poursuivre. Si pendant une journée donnée la teneur en eau à l'équilibre est inférieure à la teneur en eau des grains les plus humides, le séchage est possible et le ventilateur doit être mis en marche. Installer un humidistat permettant à l'opérateur de régler à l'avance le taux d'humidité auquel le ventilateur doit se mettre en marche.

Le grain qui se trouve sur le dessus de la cellule de stockage séchera en dernier. Chaque jour où le ventilateur fonctionne, le front de séchage progresse un peu vers le haut de la cellule. Il se peut que l'ensemble du front du séchage n'atteigne pas la surface du grain le même jour. S'assurer de mesurer le taux d'humidité chaque fois à la même profondeur pour connaître son évolution à cet endroit. Les cellules de stockage pourvues de dispositifs de brassage afficheront des taux d'humidité relativement uniformes dans tout leur volume.

## Autres problèmes liés aux cultures céréalières

### Déprédateurs et maladies

La figure 4-6, *Calendrier de dépistage des ennemis des cultures céréalières*, p. 107, indique les maladies et les déprédateurs qui peuvent causer les symptômes observés dans le champ. Les descriptions de chacun des ravageurs et maladies et des stratégies de dépistage et de lutte se trouvent au chapitre 13, *Déprédateurs des grandes cultures*, et au chapitre 14, *Maladies des grandes cultures*.

Les traitements recommandés pour la lutte contre les déprédateurs et les maladies sont présentés dans la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.

### Destruction par l'hiver

Pendant l'hiver et au début du printemps, il arrive que les céréales d'automne soient détruites par le déchaussement dû au gel, la glace, le froid ou la moisissure des neiges. Les différents cultivars n'ont pas tous la même résistance à ces facteurs de stress hivernal, ce qui explique que certains d'entre eux soient adaptés à certaines régions et ne donnent pas nécessairement de bons résultats partout dans la province.

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
<b>Maladies</b>			<b>Pourritures des racines</b> (p. 243)						
		<b>Mosaïque à <i>Polymyxa</i> du blé</b> (p. 247)		<b>Carie naine (blé)</b> (p. 250)					
			<b>Blanc (oïdium)</b> (p. 248), <b>taches bronzées</b> (p. 249)					<b>Blanc (oïdium) (blé)</b>	
			<b>Taches septoriennes</b> (p. 248)					<b>Taches septoriennes (blé)</b>	
			<b>Jaunisse nanisante de l'orge</b> (p. 247)					<b>Jaunisse nanisante de l'orge (blé)</b>	
				<b>Tache des glumes</b> (p. 248)					
				<b>Piétin-échaudage</b> (p. 244)					
				<b>Fusariose de l'épi</b> (p. 249)				<b>Fonte des semis (<i>Fusarium</i>)</b> (p. 244)	
				<b>Rayures réticulées (orge)</b> (p. 251)					
				<b>Rhynchosporiose</b> (p. 251)					
				<b>Rouille des feuilles</b> (p. 246)					
				<b>Charbon nu</b> (p. 249)					
<b>Déprédateurs</b>		<b>Asticots (p. 195), ver fil-de-fer (p. 198)</b>					<b>Asticots</b>		
			<b>Pucerons</b> (p. 218)				<b>Pucerons</b>		
			<b>Mouche de Hesse</b> (p. 218)				<b>Mouche de Hesse</b>		
			<b>Criocère des céréales</b> (p. 219)						
				<b>Légionnaire uniponctuée</b> (p. 219)			<b>Légionnaire d'automne</b> (p. 206)		
	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre

Figure 4-6. Calendrier de dépistage des ennemis des cultures céréalières

Choisir les cultivars en fonction des risques de destruction par l'hiver dans la région concernée. Par exemple, dans la vallée de l'Outaouais, les cultivars doivent être tolérants à la glace; dans la ceinture de neige du lac Huron, ils doivent être tolérants à la moisissure des neiges, et ceux qui sont cultivés dans les argiles lourdes des comtés d'Essex et de Lambton ainsi que dans la péninsule du Niagara doivent être résistants au déchaussement par le gel.

### Déchaussement par le gel

Les cycles de gel-dégel du début du printemps sont l'une des principales causes de la destruction des végétaux par l'hiver en Ontario. Quand le gel pénètre dans le sol, il s'insère sous le collet et soulève la plante (voir la planche 28, p. 283). Si ces cycles gel-dégel se répètent un nombre suffisant de fois, ils font sortir le plant du sol. Les racines se cassent et demeurent exposées hors du sol, et le plant meurt par dessèchement. C'est ce phénomène qu'on appelle le « déchaussement par le gel ».

Le blé semé profondément n'est pas plus résistant au déchaussement par le gel. Ce sont les racines coronales et non les racines séminales qui ancrent le plant de blé et le protègent du déchaussement. Les racines coronales ne peuvent s'enfoncer dans le sol à une profondeur supérieure à celle de la graine (voir la figure 4-1, *Nombre de jours avant la levée selon la profondeur de semis*, p. 90). Lorsque le blé est semé profondément, le collet et les racines coronales se forment à environ 2 cm ( $\frac{3}{4}$  po) de la surface parce que le collet se développe en réaction à la lumière. Quelle que soit la profondeur de semis, les racines coronales ne s'enfoncent pas à plus de 2 cm ( $\frac{3}{4}$  po) dans le sol. Pour pouvoir bien résister au déchaussement par le gel, les plants doivent donc former un réseau étendu de racines coronales aussi profond que possible.

### Glace

Lorsque la neige fond rapidement ou qu'une pluie hivernale est suivie d'une gelée, il peut se former une épaisse couche de glace sur les zones où l'eau s'est accumulée. Même lorsque l'eau qui se trouve sous la couche de glace parvient à s'écouler, la glace elle-même peut tuer les plants en les privant d'oxygène.

Le drainage en surface et le drainage souterrain permettent de prévenir en partie la formation de flaques d'eau qui donnent lieu à ce phénomène. Si une couche de glace se forme (par exemple, en janvier ou en février), le blé en dormance ne survivra que deux semaines environ. Briser la surface gelée pour permettre l'échange gazeux et maintenir le blé en vie.

### Lésions causées par le froid

Le blé peut survivre à des froids extrêmes. Les plants qui ont été endurcis (qui sont entrés en dormance) peuvent supporter des températures de  $-24^{\circ}\text{C}$ . La neige agit comme un isolant, et il suffit d'une couche de 7,5 cm (3 po) pour protéger la culture du froid. Les tissus foliaires des plants qui n'ont pas été endurcis résistent à des températures de  $-9^{\circ}\text{C}$ , de sorte que les gelées printanières tardives portent peu à conséquence. Au cours du dernier siècle, il n'y a eu qu'une seule année où le froid a détruit les récoltes de blé en Ontario.

Même si le blé survit bien aux températures très basses, il peut tout de même subir des lésions dues au froid qui se traduiront par une perte de vigueur et une réduction des rendements.









## 5. Haricots secs comestibles

Les haricots secs (*Phaseolus vulgaris*) constituent une catégorie de légumineuses cultivées presque exclusivement pour l'alimentation humaine. La production provient en majorité du sud de l'Ontario, et elle est exportée à plus de 80 %. Les principales catégories qui sont cultivées dans la province sont les suivantes : petit haricot rond (blanc), rognon, canneberge, noir et otebo. Le haricot adzuki n'est qu'un parent éloigné de ces derniers. Pour donner un bon rendement et un produit de bonne qualité, le haricot sec exige des pratiques culturales particulières.

### Méthodes de travail du sol

Les haricots secs poussent mieux dans les sols friables, légers et bien aérés. Les exigences relatives au lit de semence sont les mêmes que pour le soya, ce qui inclut une surface ferme favorisant l'uniformité de la profondeur de semis. Les meilleurs peuplements sont ceux qui ont levé dans la semaine suivant le semis. À cette fin, les conditions suivantes doivent être réunies :

- uniformité de l'humidité du sol;
- bon contact entre le sol et la semence;
- travail superficiel du sol limité à ce qui est nécessaire pour la préparation du lit de semence;
- état de la surface propre à réduire les risques d'encroûtement du sol.

Les haricots comestibles blancs et noirs peuvent donner de bons résultats dans un système traditionnel de travail du sol et dans le système de semis direct. Il faut employer la méthode de travail classique pour les haricots à grosses graines qui sont généralement récoltés par arrachage et andainage. Dans les systèmes de semis direct, une forme ou une autre de travail du sol au moment des semis dans la zone de germination est bénéfique aux haricots blancs. Ce phénomène est essentiellement dû au fait que cette culture possède de petites racines peu développées. Les coutres du semoir effectuent le travail du sol nécessaire dans la zone de germination.

Les plants de haricots cultivés par semis direct sont plus courts et se prêtent donc mieux à la culture sur rangs serrés. Après les semis, le tassage du sol est essentiel dans les cultures de haricots secs comestibles où l'on prévoit une récolte par coupe directe, et dans celles qui sont ensemencées sans travail du sol dans des chaumes de maïs. Cette étape a pour but d'éviter les pierres, les tiges de maïs et la contamination par la terre au moment de la récolte.

Les soles de haricots secs comestibles sont exposées à l'érosion. Le feuillage et les résidus de culture ne protègent le sol que pendant une période relativement courte. Dans le cas des haricots cultivés sur des rangs écartés, il se peut que le feuillage ne couvre entièrement le sol qu'au mois d'août.

### Considérations relatives à la rotation des cultures

Dans les cultures de haricots comestibles, la qualité de la rotation est le facteur qui a le plus d'effet sur les rendements. Voici les éléments à prendre en compte lors du choix d'un champ pour ce type de culture :

- type et structure du sol, présence de pierres et drainage;
- présence de maladies dans le passé;
- lutte contre les mauvaises herbes et effet résiduel des herbicides.

### Type et structure du sol

Les haricots secs comestibles sont parmi les cultures les plus sensibles à la structure du sol. Dans les sols lourds, mal drainés, sujets à l'encroûtement ou difficiles à travailler, la levée peut être inégale et les peuplements de mauvaise qualité. Les plantules sont très endommagées si le sol reste saturé pendant 24 heures. Une levée irrégulière mène à une maturation inégale, à un retard de la récolte et à la présence de graines immatures (criblures), au déclassement du produit et à l'obtention d'un prix de vente moins élevé.

Éviter de cultiver des haricots secs comestibles dans des champs sujets au compactage. Ce phénomène nuit gravement à ce type de production parce qu'il gêne la croissance des racines, favorise les maladies racinaires et accroît les risques de lésions produites par les herbicides. Les pertes de rendement dues au compactage et à une mauvaise structure du sol peuvent atteindre 30 à 50 %. Les problèmes de compactage sont longs à résoudre, un simple travail du sol ayant peu d'effet.

### Maladies

Pour éviter la propagation des maladies, dans la rotation, espacer les cultures de haricots d'au moins trois ans (ou plus). Les pourritures des racines et la pourriture à sclérotés causée par *Sclerotinia* sont les maladies les plus courantes qui sont favorisées par des rotations de courte durée. Le soya, le canola et le tournesol ne sont pas les meilleures cultures à inclure dans la rotation parce qu'ils sont également sensibles à la pourriture à sclérotés. Il est difficile de prévenir les pourritures des racines par la rotation parce qu'ils ont une large gamme d'hôtes. Les organismes en cause sont souvent envahissants et infectent les plants soumis au stress, qui peut être lui-même dû au compactage du sol, au manque de drainage, aux courts intervalles entre les cultures de haricots et à d'autres facteurs. Les haricots secs sont également des hôtes du nématode à kyste du soya. Les effets de ce prédateur sur diverses catégories commerciales de haricots secs font actuellement l'objet de recherches. Pour plus de renseignements sur le nématode à kyste du soya et certaines maladies des haricots comestibles, voir le chapitre 14, *Maladies des grandes cultures*.

## Lutte contre les mauvaises herbes

Dans les cultures de haricots secs comestibles, les méthodes de lutte contre les mauvaises herbes vivaces et les dicotylédones annuelles sont limitées, de sorte que les mesures doivent être prises pendant la culture précédente. Les mauvaises herbes présentes à la récolte peuvent également tacher les haricots et nuire ainsi à leur qualité. Des mauvaises herbes vivaces comme le phytolaque d'Amérique et la morelle peuvent les tacher gravement. On opte souvent pour le maïs comme culture préalable parce qu'il permet de nombreuses formes de lutte contre les mauvaises herbes.

Les haricots secs comestibles sont très sensibles à certains herbicides. Bien choisir ceux qui sont appliqués l'année précédant la culture de haricots pour limiter les dommages causés par leur effet rémanent.

Étant donné tous les facteurs à prendre en considération, le plus souvent, la dernière récolte avant les haricots secs comestibles est le maïs, bien que les fourrages et les céréales constituent également un bon choix. La culture de maïs permet de bien maîtriser les mauvaises herbes et d'enrayer efficacement le cycle des maladies des haricots comestibles. Une culture de céréales avec une bonne maîtrise des mauvaises herbes serait préférable à une culture de maïs dans laquelle une récolte effectuée par temps humide aurait causé des problèmes de compactage. Les cultures fourragères sont les meilleures pour ce qui est de la structure du sol, mais elles sont plus propices aux insectes terrioles et aux mauvaises herbes. Pour plus d'information sur les rotations à privilégier en vue des cultures de haricots comestibles et sur les précautions à prendre selon la méthode de travail du sol choisie, voir le chapitre 8, *Gestion des sols*.

## Choix du cultivar

Avant d'opter pour une catégorie commerciale, examiner les points suivants :

- diversité des débouchés;
- exigences contractuelles;
- exigences de production particulières et risques;
- normes de qualité.

Choisir le cultivar en fonction de son rendement, de sa précocité, de sa résistance à la verse et de sa résistance ou sa tolérance aux maladies. Les haricots blancs sont cotés en fonction de leur compatibilité avec la récolte en coupe directe. Les cultivars sont également cotés pour leur résistance à deux maladies importantes, la mosaïque commune du haricot et l'anthracnose. Dans les cultures en rangs serrés, choisir des cultivars au port érigé parce que la coupe directe est la seule méthode de récolte possible.

## Maturité – UTC

Le choix de cultivars venant à maturité au bon moment est de toute première importance (voir figure 1-1, *Unités thermiques [UTC-M1] pour le maïs*, p. 9, pour connaître le nombre d'unités thermiques disponibles dans chaque région). Choisir des cultivars qui viennent à maturité au cours de la première

Tableau 5-1. Dates de semis recommandées

Zone géographique	Dates de semis recommandées
Moins de 2 900 UTC	Du 26 mai au 6 juin
2 900 à 3 100 UTC	Du 30 mai au 10 juin
Plus de 3 100 UTC	Du 7 au 20 juin

moitié de septembre, lorsque le temps est habituellement plus favorable à la récolte et qu'il est temps de semer le blé d'automne. Si la récolte des haricots a lieu par temps sec, il est plus facile de maintenir leur qualité.

Pour consulter la liste des cultivars et leurs cotes d'unités thermiques de croissance, voir la documentation fournie par le distributeur et la fiche technique du MAAARO *Essais de rendement des haricots de grande culture*, sur le site du ministère, à l'adresse [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

La précocité des haricots est indiquée pour deux grands types de zones : les zones de pleine saison ou de mi-saison, d'une part, et les zones de saison courte, d'autre part. Les différences entre ces grandes zones ont plus d'influence sur le « nombre de jours avant la maturité » que la date de semis.

## Semis et croissance de la culture

### Qualité de la semence

Pour assurer une bonne vigueur en début de saison et réduire les risques de maladies transmises par les semences, choisir des semences certifiées de qualité provenant de champs inspectés. Certaines années, des maladies graves peuvent être transmises par les graines : graisses bactériennes, anthracnose et mosaïque commune du haricot. S'assurer que les graines sont exemptes de lésions d'origine mécanique et de dommages causés par des intempéries. Presque toutes les semences de haricots colorés (sauf les haricots noirs) sont importées de régions arides des États-Unis où l'incidence des graisses bactériennes et de l'anthracnose est faible. Les semences de haricots blancs et noirs peuvent provenir de productions sélectionnées ontariennes ou des États-Unis. Toutes les semences doivent faire l'objet d'un test d'évaluation de leur pouvoir germinatif. Voir l'annexe F, *Laboratoires offrant le service de test de germination sur demande en Ontario*, p. 263. Les graines de mauvaise qualité, et celles qui ont des lésions d'origine mécanique, peuvent avoir une vigueur et un pouvoir germinatif réduits ou une levée inégale et donner des plants rabougris ou même exfoliés (sans feuilles véritables). Manipuler les semences avec précaution :

- ne pas les faire tomber de trop haut;
- employer des transporteurs et des vis à brosses;
- faire attention à la teneur en eau parce que les graines qui ont une faible teneur en eau (moins de 16 %) sont plus sujettes aux lésions mécaniques et lèvent un peu plus lentement.

### Date des semis

Le tableau 5-1, *Dates de semis recommandées*, sur cette page, contient les recommandations sur les dates de semis selon la région géographique.

**Tableau 5-2.** Taux de semis pour les haricots blancs

N <sup>bre</sup> de graines /kg      /lb		Écartement des rangs en cm (po)		
		36 (14,5)	53 (21)	76 (30)
		N <sup>bre</sup> de graines/m de rang <sup>1</sup> (graines/pi)		
		10-13 (3-4) <sup>2</sup>	11,5-15 (3,5-4,5) <sup>3</sup>	15-16 (4,5-5,0) <sup>4</sup>
		Taux de semis (kg/ha)		
4 500-5 000	2 000-2 300	72-83	54-62	42-48
5 000-5 500	2 300-2 500	66-72	50-54	38-42
5 500-6 000	2 500-2 700	61-66	46-50	36-38
6 000-6 500	2 700-3 000	55-61	42-46	32-36

100 kg/ha = 90 lb/ac

<sup>1</sup> Régler le taux de semis en fonction des pourcentages de germination et de levée prévus.<sup>2</sup> Taux de semis de 369 000 graines viables/ha (150 000 graines/ac).<sup>3</sup> Taux de semis de 272 000 graines viables/ha (110 000 graines/ac).<sup>4</sup> Taux de semis de 222 000 graines viables/ha (90 000 graines/ac).

Les dates indiquées sont celles qui permettent les rendements les plus élevés. Les dates de semis des haricots colorés dépendent du cultivar et du nombre d'unités thermiques de la région. Pour connaître les recommandations relatives aux semis pour un cultivar donné, s'adresser au distributeur de semences.

Les haricots secs comestibles sont moins vigoureux que le soya, et on doit donc les semer dans un sol chaud et humide pour assurer une levée rapide et uniforme. Idéalement, pour la germination, la température du sol devrait être supérieure à 15,5 °C; en deçà de 13 °C, la levée sera plus lente, avec accroissement des risques de dommages causés par les herbicides, d'encroûtement et de pourriture. Si les semis ont lieu dans la fourchette de dates recommandées, la culture n'aura pas à souffrir du temps chaud et sec pendant la floraison, et la récolte pourra être effectuée à temps. S'ils sont semés tardivement, les haricots secs comestibles s'adaptent moins facilement que le soya à une saison de croissance plus courte. En cas de retard dans les semis, avant de poursuivre, bien calculer la date à laquelle les haricots comestibles arriveront à maturité.

### Taux de semis

Le calibre des semences de haricots comestibles varie considérablement. Bien s'assurer que le semoir est réglé pour déposer le bon nombre de graines par mètre de rang. Le tableau 5-2, *Taux de semis pour les haricots blancs*, sur cette page, indique les quantités à respecter en fonction de l'écartement des rangs. Rajuster les taux de semis en fonction de la qualité des semences et de leur pouvoir germinatif, de l'état du champ et des antécédents de culture.

Pour les haricots colorés, voir le tableau 5-3, *Taux de semis pour les haricots colorés*, sur cette page. Pour les haricots colorés à grosses graines, le taux de semis recommandé est de 11,5 à 16,4 graines/m (3,5 à 5 graines/pi) pour des rangs écartés de 53 à 76 cm (21 à 30 po). Pour plus de détails sur les taux de semis, s'adresser au fournisseur de semences.

**Tableau 5-3.** Taux de semis pour les haricots colorés

Écartement des rangs	N <sup>bre</sup> de graines par m (pi) de rang <sup>1</sup>	N <sup>bre</sup> final de plants/ac
53 cm (21 po)	9,5-11,5 (2,9-3,5)	173 000-205 000 (70 000-83 000)
75 cm (30 po)	11,5-15,1 (3,5-4,6)	148 000-198 000 (60 000-80 000)

<sup>1</sup> Les taux de semis recommandés varient beaucoup d'une catégorie commerciale à l'autre. Pour connaître les quantités recommandées, s'adresser au distributeur de semences. Le calibre des semences peut varier selon les lots; voir le nombre de graines/kg (graines/lb) indiqué sur l'étiquette.

Là où l'on craint une diminution du pourcentage de levée, augmenter le taux de semis de 10 %. Parmi les facteurs de risque élevé, mentionnons des semis effectués dans des sols lourds, les semis tardifs ou très hâtifs, les semis profonds et la possibilité de pertes de plantules en raison de la présence du ver fil-de-fer ou de la mouche des légumineuses.

Il est possible de calculer le taux de semis à partir du nombre de graines/livres qui figure sur l'étiquette et de la formule suivante :

Taux de semis (kg/ha ou lb/ac)

= densité finale visée ÷ taux de survie des plantules  
+ graines/kg ou graines/lb

**Exemple :** Pour des haricots canneberge, une densité visée de 60 000 plants/ac, un taux de survie des plantules de 85 % et 800 graines/lb :

taux de semis  
= 60 000 ÷ 0,85 ÷ 800  
= 88 lb/ac

### Profondeur de semis

La profondeur de semis des haricots secs comestibles est cruciale pour que la levée soit uniforme. Les peuplements clairsemés sont souvent le résultat de semis effectués dans un sol trop sec. La semence doit être enfouie sous au moins 1,2 cm (½ po) de terre humide. Une levée non uniforme donne une maturité inégale. Une profondeur de semis de 4 à 6 cm (1½ à 2½ po) est normale, mais il peut être nécessaire d'enfouir la semence plus profondément, jusqu'à 9 cm (3½ po), pour la placer en contact avec de la terre humide. Les haricots semés plus profondément sont plus exposés à l'encroûtement du sol. Certains anciens modèles de semoirs à grains ne permettent pas un réglage précis de la profondeur de semis. Dans ce cas, il vaut sans doute mieux utiliser un semoir de précision. Les semoirs à grains doivent placer les semences en douceur et être équipés de bandes de profondeur ou de roues de jauge de profondeur et de roues plombées pour assurer une mise en place et une couverture uniformes. Le roulage ou le tassement du sol avant les semis contribue à raffermir le lit de semence et à retenir l'humidité, et il permet aussi de mieux maîtriser la profondeur de semis lorsqu'on utilise un semoir à grains. Le tassement du sol après les semis a pour effet d'aplanir les buttes, d'enfoncer les cailloux dans le sol et de retenir l'humidité, mais il rend aussi le sol plus sensible à l'encroûtement.

## Écartement des rangs

Les écartements de 70 à 75 cm (28 à 30 po) constituent la norme à la fois pour les haricots blancs et les haricots colorés lorsque la culture doit être arrachée et andainée. Des écartements de seulement 36 à 56 cm (14 à 22 po) sont préférables pour une culture de haricots blancs qui doit être récoltée en coupe directe. Dans des essais portant sur l'écartement des rangs des haricots blancs en semis direct, on a obtenu un gain de rendement de 14 % avec les rangs serrés (c'est-à-dire distants de moins de 56 cm [22 po]) par rapport aux rangs plus écartés. Pour des rangs serrés, choisir des cultivars de haricots blancs qui ont un port érigé et une bonne tolérance à la pourriture à sclérotose. Le pourcentage de levée peut être plus important dans les rangs larges semés à l'aide d'un semoir à maïs que dans un semis de pleine surface effectué à l'aide d'un semoir à grains, et ce, pour les raisons suivantes :

- meilleure uniformité et plus grande précision de la profondeur de semis;
- meilleure couverture de la semence;
- plus grand nombre de semences par mètre (pied) linéaire de rang à traverser la croûte en surface, soit 16 graines/m (5 graines/pi) dans des rangs écartés de 76 cm (30 po), contre à 10 à 13 graines/m (3 à 4 graines/pi) dans des rangs écartés de 36 cm (14 po);
- semences mises en terre ailleurs que dans les traces du tracteur.

Dans les rangs étroits, les haricots semés dans les traces du tracteur peuvent lever difficilement. Certains producteurs apportent des modifications à la machinerie de manière à herser ou à travailler le sol entre les roues du tracteur et le semoir. Depuis l'avènement des arracheuses, les plants de haricots semés en rangs écartés de 50 à 56 cm (20 à 22 po) peuvent être arrachés et mis en andains.

## Inoculation

Les essais portant sur l'inoculation des haricots secs comestibles n'ont pas permis de montrer que cette pratique était avantageuse.

## Sol croûté

Les sols lourds peuvent s'encroûter gravement, surtout si la chaleur et la sécheresse cuisent la surface, ce qui empêche la levée des haricots. Il peut être nécessaire d'ameublir et d'aérer le sol. Lorsque l'encroûtement a été constaté, il n'y a aucun avantage à attendre puisque cela pourrait avoir pour effet d'accroître le manque d'uniformité du peuplement. À un certain moment dans le temps, il est préférable que le peuplement soit moins dense et mais uniforme plutôt que plus dense mais inégal. Tous les outils ci-dessous ont été employés avec succès (et sans succès) pour briser les sols croûtés :

- houe rotative;
- rouleau cultitasseur;
- système de coutres;
- semoir pour semis direct;
- semoir de précision;
- herse.

L'utilisation de la houe rotative réduit généralement la densité de peuplement de 5 à 10 %, mais la plus grande proportion de plants qui lèvent après cela compense largement cette diminution. Par contre, le passage de la houe rotative au stade de la crosse s'accompagne de pertes importantes. Il est possible de réduire les dommages infligés aux plants de haricots par la houe rotative en effectuant cette opération au milieu de la journée, lorsqu'ils sont plus flasques. Ajuster l'appareil sur une courte distance et vérifier que le pourcentage de plants enfouis ou déracinés est inférieur à 10 %. Il est normal que la culture n'ait pas un bel aspect après le passage de la houe rotative. La vitesse d'avancement doit être de 10 à 20 km/h. La lutte contre les mauvaises herbes est également rendue plus efficace si celles qui sont déracinées séchent dans les heures chaudes de la journée. Pour mieux maîtriser les mauvaises herbes, s'efforcer de commencer et de finir de façon nette à chaque bout du champ.

## Reprise des semis

La décision de reprendre ou non les semis peut être l'une des plus difficiles à prendre. Les sources de stress des cultures sont cumulatives et affectent davantage les haricots secs comestibles que le soya. Pour qu'un peuplement de haricots secs comestibles soit acceptable, il doit être à au moins les deux tiers ou les trois quarts de sa pleine densité. Ce type culture a une capacité limitée à se ramifier et à compenser les vides.

Le nombre de plants sains par mètre de rang doit être au moins de 6,5 à 8,2 dans les rangs espacés de 38 à 56 cm (15 à 22 po), de 10 à 13 plants dans les rangs espacés de 76 cm (30 po) et de 4,9 à 6,5 plants dans les rangs espacés de 18 cm (7 po) (si l'on suppose de bonnes conditions de croissance, des plants restants en bonne santé, un peuplement uniforme et un sol non compacté).

Avant de reprendre les semis, analyser les causes de la mauvaise qualité du peuplement, son uniformité, la date de reprise des semis et la densité des plants sains restants ainsi que les besoins en matière de lutte contre les mauvaises herbes. À la suite de semis tardifs, les haricots canneberge donnent généralement de meilleurs résultats que les haricots blancs ou les autres haricots colorés.

## Développement des plants

Le port des plants de haricots secs est très variable, allant de dressé à procombant. La plupart des types généralement cultivés ont une croissance semi-déterminée, c'est-à-dire qu'ils continuent de pousser après le début de la floraison et forment des tiges courtes ou longues, mais pas autant que les types indéterminés. Les types déterminés fleurissent et arrivent généralement à maturité sur une courte période; ils sont donc plus sensibles à l'humidité et à la chaleur que les types indéterminés, qui fleurissent sur une période plus longue.



Tableau 5-4. Stades végétatifs et reproductifs des haricots secs

Symbole	Stade	Description
VE	levée de l'hypocotyle	Les plantules lèvent de terre (stade de la crosse).
VC	cotylédon (ouverture des feuilles unifoliées)	L'hypocotyle se redresse, les cotylédons (feuilles de la graine) s'ouvrent, les feuilles unifoliées sont visibles.
V1	première feuille trifoliée	Première feuille trifoliée entièrement développée.
V2	deuxième feuille trifoliée	Deuxième feuille trifoliée.
V3	troisième feuille trifoliée	Troisième feuille trifoliée.
V4	quatrième feuille trifoliée	Quatrième feuille trifoliée. Des branches commencent à apparaître dans les aisselles des feuilles.
Vn	énième feuille trifoliée	La énième feuille trifoliée apparaît au nœud N-2. Nouveau nœud tous les trois à cinq jours.
R1	première fleur	Une fleur éclore par plant. Les plants déterminés (type 1) peuvent commencer à fleurir au stade de la 5 <sup>e</sup> feuille trifoliée (V5). Les plants indéterminés (grimpants) commencent à fleurir au stade de la 8 <sup>e</sup> feuille trifoliée (V8).
	30 % de floraison	Présence de fleurs ouvertes et fanées, mais aucun signe de gousses. 30 % des fleurs qui apparaîtront sont ouvertes.
R2	50 % de floraison	Apparition des premières gousses (immatures).
R3	début de la formation des gousses	Une gousse a atteint sa longueur maximale.
R4	moitié de la formation des gousses	50 % des gousses ont atteint leur longueur maximale.
R5	début du remplissage des gousses	Une gousse par plant contient des graines pleinement développées.
R6	moitié du remplissage des gousses	50 % des gousses contiennent des graines pleinement développées.
R8	maturité physiologique	80% des gousses qui étaient vertes ont pris leur teinte de maturité.

### Type à croissance déterminée (nain)

Les types de haricots à croissance déterminée (canneberge et certains cultivars précoces) ont un port plus bas. La croissance de la tige vers le haut cesse au moment de la formation des fleurs terminales sur la tige principale ou les branches latérales. Parmi les catégories commerciales de haricots à croissance déterminée (type 1) on trouve la plupart des haricots canneberge ainsi que les haricots rognons rouge pâle et rouge foncé.

### Type à croissance indéterminée (grim pant)

La plupart des autres types de haricots sont à croissance indéterminée, c'est-à-dire qu'ils continuent de former des tiges grimpantes même pendant la floraison.

En plus des types de croissance déterminée et indéterminée, on reconnaît les groupes suivants :

**Type I** – plants nains à croissance déterminée, par exemple la plupart des haricots canneberge et les cultivars de haricots blancs très précoces.

**Type II** – tige courte dressée, plante étroite avec trois à cinq branches, par exemple la plupart des cultivars de haricots blancs, noirs, rognons et otebo.

**Type III** – plants à tige principale faible produisant une tige prostrée, dite « procumbante » (sur la surface du sol).

Voir le tableau 5-4. *Stades végétatifs et reproductifs des haricots secs*, sur cette page. Les stades végétatifs sont décrits selon le nombre de feuilles trifoliées portées par la tige principale. On compte les feuilles trifoliées à partir du moment où leurs marges ne se touchent plus. Normalement, les haricots secs s'autofécondent.

## Gestion de la fertilisation

### Azote

En général, les haricots secs comestibles ne nécessitent pas d'apport azote. Toutefois, s'il y a épandage en bandes d'engrais phosphatés, un faible apport d'azote (10 kg de N/ha [9 lb/ac]) permet d'améliorer la biodisponibilité du phosphate. Là où les rendements des haricots de grande culture ont été faibles dans le passé en raison du bronzage ou des différentes formes de pourriture des racines, épandre 100 kg d'azote/ha (90 lb/ac) de plus avant le semis. L'azote ne constitue pas un remède contre ces maladies, mais il peut faire augmenter le rendement. Un apport d'azote permet une légère augmentation du calibre des graines. Les apports d'azote peuvent toutefois retarder la maturité, surtout après une culture de gazon à forte teneur en légumineuses ou dans les endroits qui ont reçu du fumier.

**Tableau 5-5.** Doses de phosphate et de potasse recommandées pour les haricots secs comestibles d'après les analyses reconnues par le MAAARO

Teneur en phosphore évaluée au bicarbonate de sodium (ppm)	Cote <sup>1</sup>	Quantité de phosphate (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) à appliquer (kg/ha)	Teneur en potassium évaluée à l'acétate d'ammonium (ppm)	Cote <sup>1</sup>	Quantité de potasse (K <sub>2</sub> O) à appliquer (kg/ha)
0-3	RÉ	80	0-15	RÉ	120
4-5		60	16-30		110
6-7		50	31-45		90
8-9		40	46-60		80
10-12	RM	30	61-80	RM	60
13-15		20	81-100		40
16-25	RF	0	101-120	RF	30
26-60	RTF	0	121-150	RTF	0
61 +	RN <sup>2</sup>	0	151-250	RTF	0
			251 +	RN <sup>2</sup>	0

100 kg/ha = 90 lb/ac

<sup>1</sup> RÉ, RM, RF, RTF et RN indiquent la probabilité que la fertilisation soit rentable, à savoir respectivement : probabilité de rentabilité élevée, moyenne, faible, très faible et nulle. L'épandage d'éléments nutritifs est rentable lorsque l'accroissement de la valeur de la récolte créé par le gain de rendement ou de qualité dépasse le coût d'application de l'élément nutritif en question.

<sup>2</sup> Un apport supplémentaire d'éléments nutritifs (sous forme d'engrais commercial ou de fumier) n'offre pas d'avantage cultural et risque même d'abaisser le rendement de la culture ou de nuire à sa qualité. Par exemple, une application supplémentaire de phosphore sur un sol ayant déjà une teneur de 60 ppm de cet élément pourrait provoquer une carence en zinc là où les concentrations de zinc sont faibles, et elle pourrait accroître les risques de lessivage du phosphore vers les nappes d'eau de surface; un apport supplémentaire de potasse sur un champ ayant déjà une teneur en potassium supérieure à 250 ppm pourrait occasionner une carence en magnésium là où la concentration de cet élément est faible.

## Phosphate et potasse

Le tableau 5-5, *Doses de phosphate et de potasse recommandées pour les haricots secs comestibles d'après les analyses reconnues par le MAAARO*, sur cette page, présente les recommandations pertinentes pour les cultures de haricots secs comestibles. Pour plus d'information sur la lecture de ce tableau ou en l'absence d'une analyse de sol reconnue par le MAAARO, voir *Recommandations d'engrais*, p. 158.

## Méthodes d'application

Pour ne pas brûler la semence, ne pas placer les engrais en contact avec elle. L'engrais peut être épandu à la volée et enfoui, incorporé au sol avant les semis ou épandu à l'aide d'un semoir équipé d'un dispositif distinct pour la mise en place de l'engrais.

## Analyse des tissus végétaux

Pour les haricots secs comestibles, on recommande de prélever la feuille la plus haute complètement développée (trois folioles plus le pétiole) à la première floraison. Voir le tableau 5-6, *Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux de haricots secs*, page suivante. Cependant, échantillonner les plants soupçonnés de souffrir d'une carence en éléments nutritifs aussitôt que le problème apparaît. Si l'échantillonnage a lieu à tout autre moment qu'à la première floraison, prélever des échantillons provenant à la fois de zones saines et de zones touchées pour permettre d'établir des comparaisons. À l'échantillon de tissu végétal, joindre un échantillon de sol prélevé au même endroit et en même temps. Les valeurs qui figurent au tableau 5-6 se rapportent à la feuille pleinement

développée la plus haute (trois folioles plus le pétiole) à l'apparition de la première fleur.

## Oligo-éléments

### Manganèse

En Ontario, il arrive que des carences en manganèse soient signalées dans des cultures de haricots secs comestibles. Ce problème risque davantage de se manifester dans les sols très sableux et dans les terres noires. Chez les plants qui souffrent d'une carence en manganèse, les feuilles supérieures vont du vert pâle au blanc tandis que leurs nervures restent vertes. Corriger la carence aussitôt qu'elle est décelée en pulvérisant sur le feuillage 2 kg de manganèse élémentaire/ha (1,8 lb/ac) sous la forme de sulfate de manganèse (soit 8 kg de sulfate de manganèse/ha [7,1 lb/ac]) dans 200 L (53 gal) d'eau. On recommande l'utilisation d'un mouillant-adhésif.

Dans de bonnes conditions de croissance, les feuilles atteintes devraient verdir en quatre ou cinq jours. Les produits à base de manganèse chélaté sont tout aussi efficaces pour la même dose de manganèse, mais ils coûtent environ 10 fois le prix du sulfate de manganèse. Quant aux faibles doses de manganèse chélaté, elles ne sont pas efficaces et peuvent même aggraver les carences en manganèse.

En général, les haricots réagissent bien à un apport de manganèse dans les parties du champ où une telle carence a été constatée. Il n'y a aucun avantage à appliquer cet élément sur des plants de haricots qui ne présentent pas de symptômes de carence.

**Tableau 5-6.** Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux de haricots secs

Élément nutritif	Unité	Concentration critique <sup>1</sup>	Concentration normale maximale <sup>2</sup>
Azote (N)	%	4,00	5,5
Phosphore (P)	%	0,15	0,5
Potassium (K)	%	1,20	2,5
Calcium (Ca)	%		5,0
Magnésium (Mg)	%	0,10	1,0
Bore (B)	ppm	10,0	55,0
Cuivre (Cu)	ppm	4,0	30,0
Manganèse (Mn)	ppm	14,0	100,0
Zinc (Zn)	ppm	14,0	50,0

<sup>1</sup> Prévoir une baisse de rendement due à une carence en un élément nutritif donne lorsque la concentration de ce dernier tombe au niveau critique ou sous celui-ci.

<sup>2</sup> Les concentrations maximales normales sont plus que suffisantes, mais ne causent pas forcément de toxicité.

## Zinc

Les carences en zinc apparaissent rarement dans les cultures de haricots. Elles se produisent surtout là où la couche arable a disparu. Une carence en zinc peut être corrigée par une pulvérisation foliaire de sulfate de zinc à 0,5 % dans 190 L d'eau additionnée d'un agent mouillant/ha (76 L/ac). Pour faire une solution de 0,5 %, mélanger 1 kg (2,21 lb) de sulfate de zinc dans 200 L (53 gal) d'eau. Le zinc chélaté est également efficace en pulvérisation. Par contre, une application au sol est sans effet.

## Bore

Les haricots sont très sensibles au bore et, par conséquent, ils ne devraient pas être cultivés après une sole de rutabagas fertilisés au bore.

## Récolte et entreposage

Le but ultime de la culture des haricots secs est de produire des grains propres, brillants et entiers. Les consommateurs achètent les haricots secs en fonction de leur apparence, ce qui explique que la qualité et la couleur du produit revêtent une telle importance. Il faut reconnaître les deux principaux facteurs qui déterminent le classement des haricots, à savoir les impuretés et les criblures.

Les impuretés sont tous les corps étrangers qui sont enlevés pendant le criblage. Certains de ces objets ne peuvent être que partiellement éliminés par cette opération (mauvaises herbes, maïs, soya et restes d'autres cultures). Un chargement peut être refusé s'il contient du métal, du verre, etc., ou s'il est fortement décoloré. Le motif du refus peut également être la présence de maïs parce qu'on suppose que ce dernier est génétiquement modifié.

On appelle criblures le pourcentage (en poids) de haricots défectueux, c'est-à-dire de graines fendues, décolorées, déformées, dont le tégument est partiellement détaché et de types différents qui restent après le nettoyage des impuretés. La pénalité encourue pour les criblures est double puisqu'elle représente le poids des graines enlevées, plus le coût de leur enlèvement.

Les haricots secs comestibles peuvent être difficiles à récolter. Certains types de haricots sont beaucoup plus sensibles que d'autres à la perte de qualité causée par les conditions météorologiques automnales. À maturité, les haricots rognons, bruns hollandais et noirs supportent généralement mieux les intempéries que les petits haricots ronds blancs, les haricots canneberge et les haricots rognons blancs. Les haricots colorés de plus gros calibre ont tendance à absorber plus d'humidité après la pluie et mettent donc plus de temps à sécher. Il est donc important de connaître les normes de qualité pour la catégorie de marché de la récolte en question.

La fourchette d'humidité recommandée pour la récolte est de 16 à 20 %. Si la récolte est effectuée à l'extérieur de cette plage, la qualité diminuera considérablement. Les faibles teneurs en humidité, quant à elles, font augmenter la proportion de graines fendues et de téguments fissurés. Des haricots mouillés ou non parvenus à maturité seront tachés par les feuilles, les tiges et la terre.

Il y a deux méthodes courantes de récolte des haricots secs comestibles : l'arrachage suivi de l'andainage, et la coupe directe.

## Arrachage, andainage et battage

Les haricots semés en rangs écartés sont habituellement récoltés après arrachage, c'est-à-dire que les plants sont coupés à 3 à 5 cm (1¼ à 2 po) sous la surface du sol; les plants de deux rangs ou plus sont ensuite regroupés en un seul rang par une andaineuse. L'arrachage a lieu lorsque 90 % des gousses sont parvenues à maturité et ont jauni. Pour empêcher les gousses de tomber et éviter les pertes par égrenage prématuré, arracher les plants tôt le matin lorsqu'ils sont fermes et mouillés par la rosée. Les haricots sont récoltés plus tard le même jour à l'aide d'une moissonneuse-batteuse conçue pour la récolte des haricots comestibles ou d'une moissonneuse-batteuse traditionnelle pourvue d'une pièce qui soulève les andains. Comme l'exposition prolongée de la culture à maturité à une humidité excessive entraîne une perte de qualité, il est important de la récolter le plus tôt possible après avoir arraché les plants. Les types de haricots à plus grosses graines exigent des moissonneuses-batteuses spéciales permettant de répondre aux normes de qualité établies par le marché. Dans de bonnes conditions, les pertes de graines à la récolte sont normalement de l'ordre de 3 à 5 % (1 % à l'arrachage et à l'andainage, 1 % au ramassage par la moissonneuse-batteuse et 1 à 2 % au nettoyage et au battage).

## Coupe directe

Les types de haricots qui se prêtent le mieux à la récolte par coupe directe sont les haricots blancs au port dressé et les haricots adzuki, noirs et pinto. Les types à plus grosses graines nécessitent l'utilisation de moissonneuses-batteuses spécialisées permettant de respecter les normes de qualité exigées par le marché.

Certaines améliorations apportées aux moissonneuses-batteuses permettent de réduire les pertes de récolte et de limiter la quantité de haricots salis, fendus et endommagés. Les caractéristiques de la culture au moment du nettoyage et du battage changent au cours

**Tableau 5-7. Pertes moyennes à la récolte des haricots blancs**

Méthode de récolte <sup>1</sup>	Perte avant nettoyage (%)		Perte au nettoyage (%)		Perte totale (%)	
	Moyenne	Fourchette	Moyenne	Fourchette	Moyenne	Fourchette
Arrachage et andainage – arracheuse	1,6	1,1–5,0	2,1	0,8–3,6	3,7	2,9–5,3
Arrachage et andainage – couteau	2,3	1,1–10,9	2,4	1,4–5,7	4,7	2,6–12,3
Coupe directe – rabatteur à doigts ou avec soufflerie	6,9	2,9–10,4	1,2	0,6–1,9	8,1	3,5–11,4
Coupe directe avec rabatteur à doigts	11,7	3,3–20	2,0	1,0–2,0	13,7	5,4–21,9

Source : Harvesting Michigan Navy Beans, Michigan State University.

<sup>1</sup> Ne comprend que les essais où le matériel a été utilisé conformément à son mode d'emploi.

de la journée, à mesure que la teneur en eau se modifie. Voici un aperçu des réglages à apporter à la moissonneuse-batteuse :

- Maintenir les couteaux bien affûtés pour limiter les pertes par égrenage.
- Faire tourner les cylindres à la vitesse minimale nécessaire pour battre la récolte. Faire circuler un maximum de plants dans le cylindre pour éviter d'endommager les graines. Sur de nombreuses moissonneuses-batteuses, la vitesse du cylindre ne peut être inférieure à 250 tours/minute, ce qui peut être trop rapide pour les haricots qui sont faciles à battre. Il se vend des trousseaux de ralentissement du ou des cylindres qui comprennent une poulie d'entraînement de plus faible diamètre et une courroie.
- Veiller à ce que la vis sans fin de déchargement tourne à basse vitesse et reste pleine pour éviter d'endommager les graines. Les graines sont facilement endommagées lorsqu'elles passent dans la courte vis sans fin verticale de la moissonneuse-batteuse (vis sans fin tourelle) qui les amène du fond du réservoir à la vis sans fin de déchargement. Certains producteurs de haricots remplacent les vis sans fin de déchargement par des transporteurs à courroie.
- Régler la vitesse d'avancement de la moissonneuse-batteuse à environ les deux tiers de celle adoptée pour la récolte du soya.
- Munir la moissonneuse-batteuse de dispositifs soulevant les gousses basses avant que le plant ne soit coupé. Ce système peut être particulièrement avantageux pour la récolte de cultivars dont le port n'est pas nettement dressé.
- Régler la barre de coupe flottante flexible de manière à couper les plants de haricots le plus près possible du sol, pour éviter de couper les gousses basses et de perdre des graines. Veiller à ce que le couteau coupe vite et bien sans secouer les plants, pour éviter l'ouverture des gousses et l'égrenage des haricots. La plupart des pertes sont dues à l'égrenage. Des études menées en Ontario ont montré qu'une barre de coupe flottante flexible permettrait de réduire les pertes de 25 % comparativement à une tête flottante traditionnelle. De plus, les barres de coupe « à mouvement rapide » permettent une réduction des pertes atteignant 40 % comparativement à une barre de coupe ordinaire. Le tableau 5-7, *Pertes moyennes à la récolte des haricots blancs*, sur cette page, montre une comparaison des pertes associées à quatre méthodes de récolte, et qui ont été enregistrées en 1990 et 1991 sur plusieurs fermes du Michigan.
- L'utilisation d'un rabatteur avec soufflerie améliore considérablement le chargement de la moissonneuse-batteuse et réduit les pertes au niveau du couteau. Le courant d'air maintient les mauvaises herbes et les plants de haricots à l'écart

du couteau; il dégage ainsi la barre de coupe sans faire pénétrer les cailloux dans la tête. Le rabatteur avec soufflerie offre un maximum d'avantages dans des conditions de récolte difficiles, lorsque la culture a versé ou que le volume de la récolte est réduit. Dans de bonnes conditions, les pertes de récolte peuvent n'être que de 3 %, que l'on utilise un rabatteur avec soufflerie ou non. Tard dans la journée, avec l'assèchement des gousses, les pertes au niveau de la tête peuvent dépasser les 20 % si l'on utilise un rabatteur ordinaire, et elles ne seront que de 10 % si l'on utilise un rabatteur avec soufflerie.

- Modifier le parcours de la moissonneuse-batteuse de façon à améliorer le rendement et la qualité. Circuler dans le sens contraire de la verse pour récolter les branches qui retombent et les gousses basses, ce qui permet de réduire le nombre de gousses restées sur le plant. Si le peuplement n'est pas parvenu à maturité de manière uniforme ou qu'il est envahi par les mauvaises herbes, repousser la récolte dans les zones touchées jusqu'à ce que la maturité soit suffisante ou que la culture puisse être traitée à l'aide d'un dessiccant.

### Maintien de la qualité à la récolte

Il peut arriver que la culture soit prête à être récoltée, mais que le champ soit encore vert ou envahi par les mauvaises herbes en totalité ou en partie. Or si la récolte est effectuée en présence de tiges vertes ou de mauvaises herbes vertes, les haricots peuvent être tachés. Il existe des produits d'aide à la récolte qui permettent de brûler chimiquement les mauvaises herbes et de dessécher la culture. Pour plus d'information, voir la publication 75F du MAAARO, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*. Des mauvaises herbes comme la morelle noire de l'Est et le phytolaque d'Amérique peuvent tacher fortement les haricots. Avant d'effectuer une récolte par coupe directe, appliquer un dessiccant pour dessécher les tissus verts qui restent.

Il peut se produire une croissance secondaire au fur et à mesure que les plants parviennent à maturité, surtout lorsque la pluie suit une période prolongée de sécheresse. Veiller à bien maintenir la qualité des graines. Avant la récolte, débarrasser la moissonneuse-batteuse de tous les résidus de graines des récoltes précédentes. Si l'entreposage à la ferme est nécessaire, placer le produit de chacun des cultivars de haricots dans des cellules distinctes qui sont exemptes de graines d'oléagineuses ou autres. Les haricots récoltés doivent rester exempts de cailloux, de morceaux de verre ou d'autres contaminants de la grosseur des graines. La présence d'impuretés fait diminuer la valeur de la récolte.

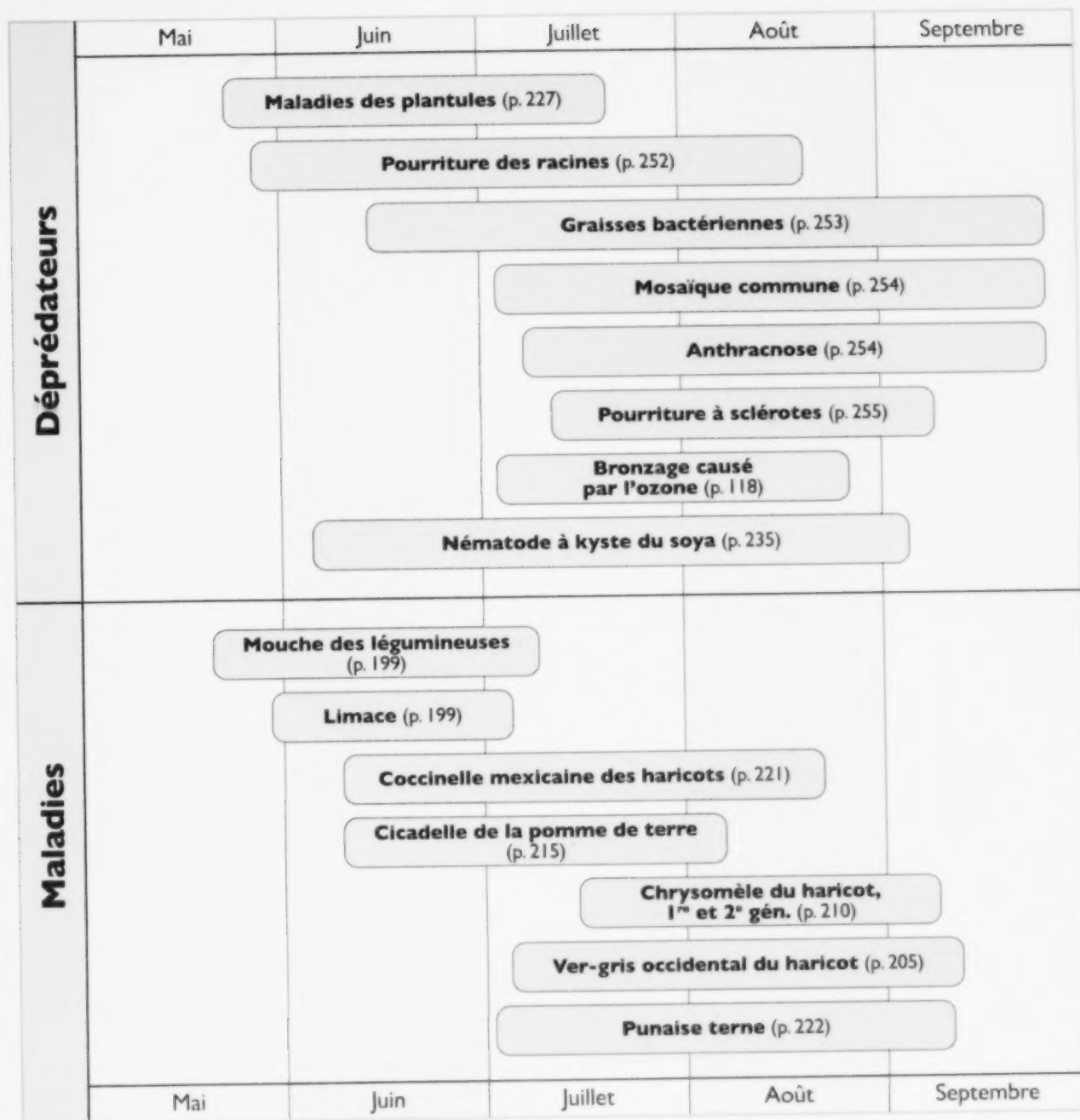


Figure 5-1. Calendrier de dépistage des ennemis des haricots secs comestibles

## Autres problèmes liés aux cultures

### Déprédateurs et maladies

La figure 5-1, *Calendrier de dépistage des ennemis des haricots secs comestibles*, sur cette page, indique les causes possibles des symptômes observés dans le champ. Les descriptions de chacun des ravageurs et maladies et des stratégies de dépistage et de lutte se trouvent au chapitre 13, *Déprédateurs des grandes cultures*, et au chapitre 14, *Maladies des grandes cultures*.

Les traitements recommandés pour la lutte contre les déprédateurs et les maladies sont présentés dans la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.



## Dommmages dus au gel et à la grêle

Le gel et la grêle peuvent causer d'énormes dégâts dans une culture de haricots. En début de saison, l'ampleur des dommages dépend de la partie des plants qui est atteinte. Si les plants sont endommagés sous les cotylédons, ils ne s'en remettent pas. Si le point végétatif est endommagé mais que la base de la tige reste intacte, le plant émettra de nouvelles pousses à partir de la base des feuilles ou des cotylédons. Attendre quelques jours avant de reprendre les semis pour voir si ces pousses apparaissent.

Pour évaluer les dommages causés par la grêle, vérifier s'il y a des meurtrissures sur les tiges. Si les tiges sont endommagées, les plants s'en remettront plus difficilement et seront plus vulnérables aux maladies touchant les tiges. Lorsque les gousses sont endommagées par la grêle, les graines ou les gousses entières finissent souvent par pourrir. Après une grêle, les haricots secs comestibles se rétablissent beaucoup moins bien que le soya.

Si la gelée survient près du moment de la maturité, les gousses qui sont jaunes à brunes sont souvent suffisamment avancées pour échapper aux dommages. Les haricots encore verts se ratatinent, conservent leur couleur verdâtre et font augmenter la quantité de criblures. Il est possible de prévenir la formation de taches et d'améliorer la séparation en repoussant la récolte jusqu'au moment où les haricots sont suffisamment secs.

## Bronzage

Le bronzage n'est pas causé par un organisme vivant ni par un pathogène, mais par l'ozone, qui fait apparaître des mouchetures brun rougeâtre sur la face supérieure des feuilles (voir la planche 29, p. 283). Les feuilles atteintes sont souvent les plus hautes sur le plant; le bronzage survient souvent peu après un épisode de pollution atmosphérique par l'ozone. Le nombre de feuilles atteintes varie selon la durée de l'exposition. Les symptômes peuvent être plus graves sur les plants exposés à l'humidité; les plants résistent mieux à l'ozone par temps sec. Dans une culture ou dans une zone donnée, les dommages sont généralement plus importants pendant les épisodes de pollution atmosphérique ou les orages violents. Dans ces cas, l'ozone de l'atmosphère descend sur les cultures. La foudre provoque également la formation d'ozone. Plus la concentration d'ozone est grande et plus l'exposition est longue, plus ses effets sur les cultures sont graves. Aux endroits où l'ozone a déjà causé des dommages, utiliser des cultivars tolérants.

## Problèmes liés à la qualité des semences

Si les semences sont de mauvaise qualité, la germination et la vigueur des plantules sont réduites. Les semences endommagées mécaniquement peuvent donner des plantules exfoliées (haricots qui lèvent mais qui sont dépourvus de point végétatif). Ne pas confondre ce type de lésion avec les symptômes d'une infestation par la mouche des légumineuses, qui laisse une plantule à l'aspect déchiqueté. Des semences de mauvaise qualité peuvent aussi donner des plantules dont l'hypocotyle ou les cotylédons sont brisés ou fissurés. Or des plantules endommagées sont plus exposées aux maladies et aux insectes. N'employer que de la semence certifiée de haute qualité. Traiter la semence avec un fongicide au moment des semis pour protéger les plantules des maladies. Manipuler les semences délicatement afin d'éviter les lésions d'origine mécanique.





## 6. Canola de printemps et canola d'automne

Le canola de printemps est une culture oléagineuse bien adaptée aux régions tempérées et fraîches de l'Ontario. Les semis et la gestion du canola d'automne sont semblables à ceux du canola de printemps; les différences relatives à la gestion sont indiquées ci-dessous.

### Méthodes de travail du sol

#### Méthode traditionnelle

La plus grande partie du canola est cultivée par la méthode traditionnelle. Les lits de semence grossiers empêchent le contact sol-semence; sur les sols argileux ou les loams argileux, il est donc souhaitable d'effectuer un travail du sol primaire à l'automne pour que le nouveau travail du sol effectué au printemps puisse créer un lit de semence adéquat. Cependant, au printemps, limiter le travail du sol secondaire au strict minimum afin de préserver le plus possible l'humidité du sol et d'éviter l'encroûtement.

#### Travail réduit du sol et semis direct

Dans les systèmes de travail réduit et de semis direct, le canola peut donner de bons résultats à condition que le semoir puisse placer les graines sous les résidus et bien en contact avec le sol. Les roues plombeuses ont pour fonction de placer fermement la graine au fond de la raie, ce qui permet une meilleure maîtrise de la profondeur de semis et du contact entre la graine et le sol. Le succès d'une mise en terre par semis direct ou avec travail réduit du sol dépend en grande partie de la gestion des résidus de la récolte de l'année précédente. Si les résidus de culture (paille et balle) ne sont pas étalés uniformément, le semoir ne peut pas bien placer les semences, et les plantules lèvent difficilement à travers la couche de résidus. Les résidus mal étalés constituent aussi un habitat idéal pour les limaces. Il n'est pas recommandé de semer le canola par semis direct dans des résidus de céréales à cause des risques de destruction du peuplement par les limaces.

#### Variabilité d'un champ à l'autre

Le canola donne les meilleurs résultats dans les champs bien drainés qui ont un pH d'au moins 5,5. Les champs dont le drainage et le pH varient donnent des densités de peuplement et des rendements inégaux. Il vaut mieux cultiver le canola dans des champs uniformes. Sur les sols ayant une faible capacité de rétention de l'humidité, les céréales de printemps résistent mieux à la sécheresse que le canola de printemps.

#### Rotation des cultures

Le canola pousse bien dans les champs bien drainés qui ont un pH d'au moins 5,5. La rotation des cultures est la meilleure forme de défense contre les maladies. Les intervalles d'au moins trois ou quatre ans entre les cultures de canola permettent de réduire la propagation des maladies du sol. Pour faire diminuer

l'incidence de la pourriture à sclérotés (sclérotiniose), effectuer une rotation de trois à quatre ans avec des cultures qui ne sont pas des hôtes à cette maladie.

La rotation est également un aspect important de la protection contre l'effet rémanent des herbicides, le canola étant particulièrement sensible aux produits à base de triazine et d'inhibiteurs de l'acétolactate synthase (ALS) (herbicides du groupe 2). L'effet rémanent est plus important après une année sèche, et il dépend également de diverses caractéristiques du sol (pH, teneur et matière organique). Les facteurs environnementaux ont une grande influence sur la persistance des herbicides. Consulter les étiquettes des herbicides et la publication 75F du MAAARO, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*.

Dans la rotation, ne pas cultiver de maïs après du canola. Les racines du maïs établissent une relation étroite avec les mycorhizes à vésicules et arbuscules, des champignons qui facilitent l'absorption de phosphore. Après une culture de canola, la colonisation des plantules de maïs par ces organismes est réduite, ce qui fait augmenter les risques de carence en phosphore.

#### Emplacement et rotation des cultures

Outre les considérations exposées ci-dessus, l'établissement et la survie à l'hiver du canola seront facilités par certains autres facteurs :

- Les champs doivent être bien drainés (en surface et sous la surface), sans formation de flaques. Le déchaussement des racines du canola est plus fréquent dans les sols lourds ou mal drainés où il y a eu des accumulations de glace.
- Il doit y avoir une bonne couverture de neige qui protège les rosettes du froid et du dessèchement.
- Le canola préfère les climats modérés et il est un peu moins résistant à l'hiver que le blé d'automne.

Éviter de produire du canola et de la moutarde blanche dans la même exploitation. Dans une culture semée au printemps, le travail du sol permet de maîtriser le canola d'automne, mais dans les cultures par semis direct, il reste sous la forme de repousses spontanées. Dans la rotation, prévoir des méthodes efficaces de lutte contre les repousses spontanées. Ne pas cultiver le canola d'automne au voisinage de champs de rutabagas (à moins de cinq kilomètres) parce ces deux espèces sont les hôtes du virus de la mosaïque du navet. Cette maladie a provoqué des pertes importantes dans les cultures de rutabagas. Dans le passé, des problèmes sporadiques ont été causés par des racines de canola d'automne qui avaient pénétré dans des drains souterrains; cela s'est produit dans le comté de Huron et dans les régions voisines du lac Huron, mais pas ailleurs. Les raisons de ce phénomène sont obscures. Éviter de semer du canola d'automne dans les champs où des drains agricoles viennent d'être installés et là où ils peuvent contenir de l'eau toute l'année.

## Choix du cultivar

### Canola d'automne

La production du canola d'automne a pu être étendue à d'autres régions de l'Ontario grâce à la création de nouveaux hybrides plus résistants à l'hiver, ayant une plus grande vigueur et une meilleure résistance ou tolérance à la jambe noire ainsi qu'un potentiel de rendement élevé.

N'importer que des semences couvertes par un certificat phytosanitaire établissant qu'elles sont exemptes de jambe noire. Il s'agit d'une maladie grave du canola qui peut être transmise par les semences ou le sol. Dans le passé, l'importation de semences porteuses de jambe noire a provoqué sa propagation à grande échelle, avec d'importantes pertes de récoltes. Les cultivars de canola d'automne actuellement enregistrés ont une bonne résistance à cette maladie.

### Choix de cultivars (d'automne et de printemps) de première qualité

Les rendements et les caractéristiques variétales des cultivars évalués par le Comité des cultures oléagineuses et protéagineuses de l'Ontario sont présentés dans la fiche technique du MAAARO, *Cultivars de canola de printemps et de canola d'automne recommandés*, qu'on peut consulter sur le site Web du ministère, [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures). Choisir des cultivars de qualité supérieure qui ont donné des rendements stables à divers endroits et pendant plusieurs années.

En plus du rendement, prendre en compte les caractéristiques suivantes :

- résistance à la verse;
- herbicides employés;
- résistance à la maladie;
- pourcentage de graines vertes et brunes.

Tous les cultivars de canola actuellement exploités en Ontario sont de l'espèce *Brassica napus* (d'Argentine) et ont une bonne résistance à la jambe noire, bien que ce caractère soit variable selon les cultivars.

### Caractéristiques de qualité de la graine

La qualité de la graine est importante pour le maintien d'un marché de cultivars de canola en Ontario. Les teintes brune et verte de la graine (couleur interne après broyage) constituent deux importants critères de classement qui se répercutent sur la qualité de l'huile et ultimement sur la valeur marchande du canola. C'est la durée de la saison de croissance qui a le plus d'influence sur la couleur de la graine, mais celle-ci est également déterminée génétiquement. Choisir des cultivars ayant un faible pourcentage de graines vertes et brunes.

## Semis et développement de la culture

### Qualité de la semence

Bien connaître la qualité de la semence à mettre en terre. Le pouvoir germinatif est le principal critère de qualité pour le

classement des lots de semences. Les normes de germination visent la capacité de production de plantules normales dans des conditions favorables (humidité de 95 à 100 % et température de 25 °C). Les sources de stress présentes dans les champs après les semis ont souvent pour effet de faire diminuer le taux de levée des plantules comparativement à ce qu'on obtient en laboratoire. Les semences qui sont certifiées doivent être conformes à des normes de pureté et de pouvoir germinatif.

### Traitement des semences

Les semences de canola sont traitées avec un mélange de fongicide et d'insecticide. Le fongicide prévient les maladies transmises par la semence et celles qui sont transmises par le sol en début de saison, notamment la jambe noire, la pourriture des semences, la fonte des semis et la brûlure des plantules. L'insecticide permet d'éloigner les altises pendant deux à quatre semaines. Lorsque le développement des plantules est lent, les populations d'altises ont le temps de se constituer alors que le traitement des semences a perdu de son efficacité; un traitement foliaire de suivi à l'aide d'un insecticide peut alors être nécessaire (voir la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*).

### Date de semis du canola de printemps

En général, ce sont les semis précoces qui produisent les meilleurs résultats. Au cours des dernières années, des producteurs ont signalé de bons rendements après avoir semé à la mi-mai. Cependant, ne pas oublier que la floraison commence normalement de 50 à 55 jours après la mise en terre et qu'elle dure de 10 à 21 jours. Le stress dû à la chaleur (plus de 28 °C) pendant la floraison nuit davantage aux rendements que les conditions météorologiques qui prévalent à tout autre stade.

### Semis précoces

Semer aussitôt que l'état du sol le permet. Le canola peut germer et se développer dans des sols à 1 °C, mais la température idéale pour une levée rapide est de 10 °C. Ultimement, pour les semis, on doit se fonder sur l'état du sol et les prévisions météorologiques, mais il est raisonnable de viser une température de 3 °C ou plus. Lorsque les semis sont effectués très tôt, accroître les taux de semis de 5 à 10 % pour compenser la lenteur de la levée et l'accroissement de la mortalité des plantules. Le canola est plus lent à s'établir et moins tolérant aux gelées de printemps que les céréales. Lorsque les plantules lèvent, le point végétatif est exposé entre les cotylédons (feuilles séminales), et il peut facilement être tué par le gel. Le canola semé à une date précoce risque aussi davantage d'être envahi par le charançon de la graine du chou aux stades de la floraison et du début de la formation des gousses. Après la mise en terre, si la croissance du canola est ralentie par le froid, il peut être attaqué par les altises.

### Semis tardifs

Si les semis sont retardés, il est essentiel de conserver l'humidité du sol et de semer dans la terre humide pour assurer une levée rapide et uniforme. Éviter de semer après le 1<sup>er</sup> juin dans les zones où l'on a signalé la cécidomyie du chou-fleur. Voir *Cécidomyie du chou-fleur*, p. 225, ou visiter le site Web du MAAARO, à l'adresse [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).



**Tableau 6-1.** Quantités de semences nécessaires pour atteindre les taux de semis visés

Poids de 1 000 graines (g)	Taux de semis visé <sup>1</sup> en kg/ha (lb/ac)	Graines/m (/pi) <sup>1</sup>
3,5	3,63 (3,3)	20 (6,1)
4	4,07 (3,7)	20 (6,1)
4,5	4,7 (4,2)	20 (6,1)
5	5,2 (4,7)	20 (6,1)
5,5	5,7 (5,1)	20 (6,1)
6,0	6,2 (5,6)	20 (6,1)

<sup>1</sup> Taux de semis calculé pour un peuplement final de 72 % et une densité visée de 75 plants/m<sup>2</sup> (7 plants/pi<sup>2</sup>)

### Date de semis du canola d'automne

Semer le canola d'automne entre le 15 et le 30 août (entre le 20 août et le 10 septembre dans le sud-ouest de l'Ontario). Lorsque les semis sont effectués entre ces dates, le plant de canola peut former 4 à 6 feuilles et son système racinaire peut se développer suffisamment (diamètre d'environ 1,25 cm ou ½ po) pour résister au déchaussement par le gel et au dessèchement au printemps. Après ces dates, les risques de destruction hivernale sont beaucoup plus élevés. Si le canola produit des graines à l'automne, il ne survivra pas à l'hiver. À l'automne, il peut arriver que la forte concurrence exercée par les mauvaises herbes et les céréales spontanées stimulent la croissance du canola, ce qui augmente les risques de destruction hivernale.

### Taux de semis

Pour le canola, la densité optimale est de 75 à 130 plants/m<sup>2</sup> (de 7 à 12 plants/pi<sup>2</sup>). Dans des rangs écartés de 19 cm (7½ po), cela équivaut à 14 à 25 plants/m (4,5 à 7,5 plants/pi) de rang. Les taux de semis visés doivent refléter les importantes différences de calibre des semences des divers cultivars. Le tableau 6-1, *Quantités de semences nécessaires pour atteindre les taux de semis visés*, sur cette page, montre ces nombres pour différentes tailles de graines. Sur les sols sujet à l'encroûtement, ou lorsque les semis sont très précoces ou très tardifs, augmenter légèrement les taux de semis (5 à 10 %).

### « Étoffement » des semences

Avec certains types de semoirs à grains, il peut être difficile de respecter les taux de semis visés pour le canola. Étalonner l'appareil avant de se rendre au champ. Vérifier que les ouvertures de chacune des logettes à semences sont identiques. Il est possible d'améliorer la précision du taux de semis par l'« étoffement » des semences avec du phosphate monoammonique en granules (11-52-0), du soufre ou des épis de maïs moulus. Avec les semences de canola, ne pas employer d'autres engrais parce que cela risquerait de faire diminuer le taux de germination.

### Profondeur de semis

La levée des plantules de canola représente une importante dépense d'énergie, et le but du semis est d'assurer une levée rapide et uniforme. Semer à 1,25 à 2,5 cm (½ à 1 po) de profondeur si le sol est suffisamment humide, et plus

### Taux de semis

Calculer le taux de semis à partir du poids de 1 000 graines en grammes, qui est indiqué sur l'étiquette des semences, et de la formule suivante :

#### Système international (métrique)

Taux de semis (kg/ha)

$$= (\text{densité de peuplement visée en graines/m}^2 \times \text{poids de 1 000 graines en g} \div \text{taux de survie des plantules}) \div 100$$

#### Système anglais (impérial)

Taux de semis (lb/ac)

$$= (\text{densité de peuplement visée en graines/pi}^2 \times \text{poids de 1 000 graines} \div \text{taux de survie des plantules}) \div 10,4$$

Taux de survie des plantules (peuplement final)

$$= \% \text{ de germination (sur l'étiquette des semences)} \times \% \text{ de levée prévu}$$

#### Exemple de calcul

Pour un poids de 5 g/1 000 graines et un peuplement final de 72 % :

Taux de semis (lb/ac)

$$= \frac{7 \text{ plants/pi}^2 \times 5 \text{ g/1 000} \div 0,72}{10,4}$$

$$= 4,7 \text{ lb/ac}$$

#### Étalonnage du semoir

Recueillir et peser (en grammes) les graines provenant d'un rayonneur et convertir en livres de semences par acre pour des rangs écartés de 7,5 cm (3 po) à l'aide de la formule suivante. Vérifier ainsi plusieurs rayonneurs.

Taux de semis (lb/ac)

$$= \text{g de graines du rayonneur} / 30,5 \text{ m (100 pi) de déplacement} \times 1,54$$

profondément, au besoin, pour recouvrir la semence de 0,6 cm (¼ po) de terre humide, sans toutefois dépasser une profondeur de 4 cm (1½ po). S'il faut aller plus profond pour trouver de l'humidité, il est préférable d'attendre. Des roues plombeuses installées sur le semoir permettent de placer les semences plus uniformément au fond de la raie. Le rebond du semoir peut poser davantage de difficultés à des vitesses supérieures à 8 km/h. L'accroissement de la vitesse se répercute sur la profondeur de semis. Si le canola est semé à l'aide d'une trémie à graminées, orienter les tubes de descente directement derrière des disques ouvreurs et devant les roues plombeuses.

### État du lit de semence

Étant donné le petit calibre des graines de canola et la faible profondeur de semis requise, la préparation du lit de semence est cruciale. Il doit être de niveau, ferme et friable, avec de l'humidité à moins de 2,5 cm (1 po) de la surface. Un sol dont la surface est friable n'est pas sujet à l'encroûtement après des

pluies battantes et permet donc la levée des graines, qui sont minuscules. Ce point est essentiel parce qu'il n'est pas possible de remédier à l'encroûtement par la suite. La croûte peut casser l'hypocotyle (tige de la plantule) qui soutient les cotylédons (feuilles séminales) au-dessus de la surface du sol. Un lit de semence ferme retient l'humidité près de la surface et favorise l'uniformité du semis et de la levée.

## Passage des rouleaux

Prendre la décision de tasser ou non le lit de semence avant ou après les semis selon l'état du sol. Le passage des rouleaux avant les semis peut avoir pour effet de niveler et de raffermir le lit de semence, ce qui permet de mieux maîtriser la profondeur de semis et de réduire les pertes d'humidité du sol. Le passage des rouleaux après les semis peut faciliter la levée et améliorer le rendement si le sol s'assèche avant la levée; cependant, si le champ était inégal au moment des semis, cette opération peut avoir pour effet d'enfouir les graines plus profondément et de nuire à la levée.

## Semis à la volée

Dans les cultures de canola, la méthode du semis à la volée est plus risquée que le semis effectué au semoir à grains, mais elle peut encore être efficace dans certaines situations. Quelques producteurs sèment le canola à la volée avec un engrais sur un lit de semence préparé. Cette méthode a l'avantage de permettre des semis précoces, une économie de temps et une réduction des coûts, d'où un potentiel de rendement supérieur. Son principal inconvénient est le manque d'uniformité de la profondeur de semis et de la densité des semences, vu l'absence d'étalement. Les lésions causées par le gel constituent aussi un risque lié aux semis précoces. Une bonne préparation du lit de semence avant le semis à la volée, suivie d'un hersage ou d'un passage des rouleaux, assure la régularité de la profondeur de semis et un bon contact sol-semence. Cependant, les semis effectués à la volée peuvent donner des peuplements inégaux les années sèches. Avec cette technique, les taux de semis doivent être plus élevés que lorsqu'on utilise un semoir à céréales (6 à 8 kg/ha [5 à 7 lb/ac]).

## Reprise des semis

De façon générale, dans les champs clairsemés, les plants de canola se ramifient beaucoup pour compenser la faible densité de peuplement, de sorte que celle-ci a peu de répercussions sur les rendements. Chaque année, certains peuplements peuvent devenir moins denses à la suite d'une mauvaise levée, de la gelée, des insectes ou des maladies. Avant de prendre une décision, évaluer la santé et la densité du peuplement restant. Il est facile de surestimer la portée des dégâts et de sous-estimer la capacité de rétablissement des plantules. Un peuplement uniforme de 11 à 22 plants sains/m<sup>2</sup> (1 à 2 plant/pi<sup>2</sup>) a un rendement égal à 90 % de celui d'un peuplement complet. Évaluer la densité de peuplement par la méthode du cerceau (voir l'annexe K, *Détermination de la densité de peuplement de la culture et des populations de ravageurs à l'aide d'un « cerceau », p. 268*).

**Tableau 6-2.** Nombre approximatif de degrés-jours pour atteindre divers stades de développement

Stade de croissance (code décimal)	Description	Degrés-jours de croissance <sup>1</sup> (base 0 °C)
0-1,0	Levée	152-86
1,1-1,2	Stade de 1 à 2 feuilles	282-324
1,4-1,6	Stade de 4 à 6 feuilles	411-463
3,0-4,0	Bourgeon-première fleur	582-666
4,9	Fin de la floraison	759-852
8,1	Maturité <sup>2</sup>	1 432-1 557

<sup>1</sup> Adaptation à partir de résultats de recherches d'AAC, Scott et Swift Current.

<sup>2</sup> Au début de la maturation des graines, lorsque 10 % d'entre elles changent de couleur.

## Développement des plants

Le canola de printemps est une culture de saison fraîche dont la croissance est optimale à des températures situées entre 10 et 30 °C (intervalle optimal : de 20 à 25 °C). Le développement de la culture est étroitement lié à la quantité de lumière solaire reçue, bien que la température joue également un rôle.

Le développement du canola dépend davantage du nombre de degrés-jours (DJ) de croissance que du nombre d'unités thermiques de croissance, comme dans le cas du blé de printemps. Le canola parvient à maturité en 90 à 100 jours environ dans les régions de production méridionales et en 110 ou 120 jours à New Liskeard. Dans les régions nordiques, l'allongement des journées peut compenser partiellement l'effet des températures plus basses. Le stress causé par la sécheresse et la chaleur a pour effet d'avancer la maturité. Voir le tableau 6-2, *Nombre approximatif de degrés-jours pour atteindre divers stades de développement*, sur cette page. À la floraison, la chaleur peut faire avorter les fleurs et les gousses. Les écarts de maturité entre les cultivars sont généralement de moins de sept jours.

## Principaux stades de croissance du canola

### Rosette

La germination du canola ressemble à celle des autres dicotylédones : lorsque les plantules lèvent, leur point végétatif se trouve entre les cotylédons (feuilles séminales); il se forme alors une rosette de cinq ou six feuilles, les plus vieilles, plus grandes, étant à la base et les plus jeunes, plus petites, apparaissant au centre. Le développement foliaire est directement lié à la vitesse de croissance et au rendement final.

### Élongation de la tige (montaison)

L'allongement des jours et l'augmentation des températures déclenchent la formation de bourgeons au centre de la rosette et la « montée » rapide de la tige. Au début de la floraison, la tige principale atteint de 30 à 60 % de sa longueur finale. À ce stade, l'étendue de la superficie foliaire (spécialement des feuilles du haut) influence grandement la formation des gousses et le rendement final.

**Tableau 6-3.** Doses d'azote recommandées pour le canola de printemps

Rapport coût de l'azote/prix du canola (\$/kg de N/\$/kg de canola)	Dose d'azote recommandée (kg/ha)
2	119
2,5	108
3	96
3,3	90
3,5	85
4	74

100 kg/ha = 90 lb/ac

Pour utiliser ce tableau, il faut connaître le prix du canola ou en faire une estimation. Si les prix sont de 450 \$/t pour le canola et de 1,50 \$/kg pour l'azote, le rapport de prix est de 3,3 (le résultat de  $1,50 \div 0,45$ ). Dans de telles conditions, on recommande d'épandre 90 kg d'azote par hectare.

### Floraison

La floraison commence avec l'ouverture du bouton le plus bas sur la tige principale, et elle progresse de bas en haut sur celle-ci et sur les tiges latérales. Elle dure de 14 à 21 jours environ.

La fécondation se produit dans les 24 heures qui suivent la pollinisation. Le plant atteint sa hauteur maximale au pic de la floraison. Normalement, la floraison commence de 50 à 55 jours après la mise en terre (582 à 666 DJC). Au stade de la floraison, le stress dû à la chaleur (plus de 28 °C) provoque l'avortement des fleurs et nuit au rendement (planche 33, p. 284). Le canola est une plante à autofécondation ou à fécondation croisée, selon divers facteurs environnementaux.

### Mûrissement

La feuille, la tige et surtout l'enveloppe des gousses sont d'importantes sources d'éléments nutritifs pour les graines en développement. Le remplissage des gousses est terminé environ 30 à 40 jours après l'ouverture des fleurs. Le mûrissement des gousses se fait de la base au sommet du plant. La sénescence des feuilles commence lorsque les graines sont devenues vertes, et celles-ci prélèvent alors une bonne part de leurs éléments nutritifs dans l'enveloppe des gousses, bien que la tige joue aussi un rôle à cet égard. Lorsque 30 à 40 % des graines d'un même plant ont commencé à changer de couleur, celles qui se trouvent au sommet du plant sont presque arrivées à maturité, et la teneur en humidité moyenne des graines est de 30 à 35 %.

## Gestion de la fertilisation

### Mise en place de l'engrais et moment

La plupart des engrais destinés au canola sont épandus en pleine surface. L'importance des besoins en azote et les méthodes de semis utilisées s'accordent mal avec l'épandage en bandes au moment des semis. À l'occasion, particulièrement lorsque l'analyse du sol montre une faible teneur en phosphore, il est avantageux d'épandre du phosphore en même temps que les semis. Ne pas dépasser les doses sûres.

**Tableau 6-4.** Besoins en azote du canola d'automne au printemps

Rapport de prix <sup>1</sup> (\$/kg de N/\$/ kg de canola)	Rendement prévu <sup>2</sup> (t/ha)		
	2	3	4
	Dose d'azote la plus rentable <sup>3</sup> (kg de N/ha)		
3,3	125	170	195
2,5	160	195	210
2,0	180	210	220

100 kg/ha = 90 lb/ac

<sup>1</sup> Pour utiliser ce tableau, il faut connaître le prix du canola ou en faire une estimation. Si les prix sont de 450 \$/t pour le canola et de 1,50 \$/kg pour l'azote, le rapport de prix est de 3,3 (le résultat de  $1,50 \div 0,45$ ). Dans un tel cas et avec un rendement attendu de 3,0 t/ha, épandre 170 kg d'azote/ha.

<sup>2</sup> 1 t/ha = 893 lb/ac

<sup>3</sup> Lorsqu'on épand du fumier, réduire la dose d'engrais selon le volume et la qualité du fumier (voir *Gestion des fumiers*, p. 163).

La dose d'engrais azoté appliquée avec la semence ne doit pas dépasser 11 kg/ha (10 lb/ac). Avec les semences, n'utiliser que du superphosphate ou du phosphate monoammonique.

## Azote

### Canola de printemps

Le canola a besoin de grandes quantités d'azote. Les recommandations pertinentes sont présentées au tableau 6-3, *Doses d'azote recommandées pour le canola de printemps*, sur cette page; elles se fondent sur le rapport de prix du canola et de l'engrais azoté. Rajuster les doses à la baisse après un épandage de fumier ou si la culture précédente contenait des légumineuses comme la luzerne (voir le tableau 9-7, *Réduction des besoins en azote à la suite de l'enfouissement d'un engrais vert de légumineuses*, p. 162, et le tableau 9-8, *Quantités moyennes d'azote, de phosphate et de potasse biodisponibles selon la source d'éléments nutritifs organiques*, p. 164). Le nombre de graines vertes serait lié à la surfertilisation du sol en azote.

### Canola d'automne Épandage à l'automne

Épandre jusqu'à 40 kg d'azote/ha (36 lb/ac) à l'automne. N'épandre aucun engrais azoté si la terre a été laissée en jachère pendant un ou plusieurs mois avant le semis, si des légumineuses fourragères ont été enfouies comme engrais vert ou à la suite d'un épandage de fumier avant les semis.

### Épandage au printemps

La dose d'azote recommandée au printemps est fondée d'une part sur le rendement prévu et d'autre part sur le rapport prix de l'engrais azoté/prix du canola. Voir le tableau 6-4, *Besoins en azote du canola d'automne au printemps*, sur cette page.

**Tableau 6-5.** Doses de phosphate et de potasse recommandées pour le canola d'après les analyses reconnues par le MAAARO

Teneur en phosphore évaluée au bicarbonate de sodium (ppm)	Cote <sup>1</sup>	Quantité de phosphate ( $P_2O_5$ ) à appliquer (kg/ha)	Teneur en potassium évaluée à l'acétate d'ammonium (ppm)	Cote <sup>1</sup>	Quantité de potasse ( $K_2O$ ) à appliquer (kg/ha)
0-3		70	0-15		70
4-5	RÉ	60	16-30	RÉ	50
6-7		50	31-45		40
8-9		30	46-60		30
10-12	RM	20	61-80	RM	20
13-15		20	81-100		20
16-20	RF	0	101-120	RF	0
21-25		0	121-150		0
26-30		0	151-180	RTF	0
31-40	RTF	0	181-210		0
41-50		0	211-250	RN <sup>2</sup>	0
51-60	RN	0	251+		0
61+		0			0

100 kg/ha = 90 lb/ac

<sup>1</sup> RE, RM, RF, RTF et RN indiquent la probabilité que la fertilisation soit rentable, à savoir respectivement : probabilité élevée, moyenne, faible, très faible et nulle. L'épandage d'éléments nutritifs est rentable lorsque l'accroissement de la valeur de la récolte créée par le gain de rendement ou de qualité dépasse le coût d'application de l'élément nutritif en question.

<sup>2</sup> La cote RN peut correspondre à une perte de rendement ou de qualité des cultures en cas d'épandage d'engrais.

## Phosphate et potasse

Les recommandations relatives à ces deux éléments pour les cultures de canola sont présentées au tableau 6-5, *Doses de phosphate et de potasse recommandées pour le canola d'après les analyses de sol reconnues par le MAAARO*, sur cette page. Pour plus d'information sur la lecture de ce tableau ou en l'absence d'une analyse de sol, voir *Recommandations d'engrais*, p. 158.

Le canola a besoin de davantage de phosphore que les céréales parce que de la teneur des graines en protéines est plus élevée. Une culture de canola de 2,5 t/ha (1 t/ac) prélève en moyenne 66 kg d'engrais phosphaté ( $P_2O_5$ )/ha (59 lb/ac). Pendant la germination et la levée, le canola est très sensible aux sels contenus dans les engrais, qui peuvent causer une réduction importante de la densité des peuplements. Les résultats des recherches effectuées au Canada suggèrent une dose 11 à 17 kg d'engrais phosphaté de démarrage/ha (10 à 15 lb/ac). On peut s'attendre aux meilleurs rendements possibles lorsque les semis sont effectués dans un sol frais ou dont les résultats d'analyse montrent une fertilité basse ou moyenne.

## Carences en éléments nutritifs

### Soufre

Le canola a besoin de deux fois plus de soufre que les céréales. Les sols du sud et du nord-est de l'Ontario contiennent généralement assez de soufre pour assurer des rendements optimaux, que ce soit sous forme native ou en provenance des dépôts atmosphériques. Les essais effectués n'ont pas permis de dégager une réaction prévisible du canola aux engrais soufrés ni dans le sud ni dans le nord-est de la province. Dans le nord-ouest de l'Ontario, on signale des cas isolés de sols carencés en soufre et pauvres en matière organique. Les

symptômes de carence sont les suivants : jaunissement général de la plante, marbrure de la surface foliaire, teinte violette de la face inférieure des feuilles, fleurs jaune pâle et de petite taille (planche 30, p. 283).

Comme la teneur en soufre évolue rapidement, les analyses de sol ne permettent pas de faire une évaluation fiable de la disponibilité de cet élément pour les cultures. Là où l'on soupçonne une carence en soufre, l'analyse des tissus végétaux peut être utile. Au besoin, on peut remplacer une partie de l'urée par du sulfate d'ammonium, qui apportera également une quantité équivalente de N. Le soufre élémentaire ne devient disponible pour les plantes que lorsqu'il a été oxydé sous la forme de sulfate, ce qui peut prendre de 12 à 18 mois.

### Bore

Les carences en bore sont rares dans les cultures de canola, bien que certaines parcelles aient donné un gain de rendement à la suite d'épandages foliaires de cet élément. Les symptômes de carence sont l'avortement des graines, la déformation des gousses et la forme des feuilles, qui sont rubanées et étroites. Une carence en bore, bien que rare, peut causer d'importantes pertes de rendement. Elle peut être corrigée par des applications sur le feuillage ou au sol d'engrais solubles à base de bore.



## Récolte et entreposage

Le plus souvent, le canola est récolté par moissonnage-battage, bien que l'andainage soit employé dans certaines régions. Le moissonnage-battage donne une meilleure qualité de graines que l'andainage, avec moins de particules fines et de graines vertes. Pour plus d'information sur les méthodes de récolte, voir l'ouvrage *Canola Growers' Manual* du Conseil canadien du canola, chapitre *Harvest Management* ([www.canola-council.org](http://www.canola-council.org)).

### Récolte par coupe directe

Le moissonnage-battage donne les meilleurs résultats lorsque la maturité de la récolte est égale, que celle-ci est relativement exempte d'alternariose, lourde, partiellement versée et bien fournie. Ces conditions réduisent le risque d'égrenage et de chute des gousses due au vent. La culture est prête à être récoltée par coupe directe quand les gousses cliquent si on les secoue. Certains cultivars sont moins sujets à l'égrenage sur pied et conviennent donc bien à la récolte en coupe directe. Si le degré de maturité est inégal, il faut évaluer le besoin et le coût d'emploi d'un dessiccant et faire la comparaison avec l'andainage. La teneur en huile de la graine est généralement plus élevée lorsque la culture est récoltée par coupe directe. Les pertes par égrenage sont réduites de façon importante lorsque la récolte est effectuée dans le sens de la verse.

### Andainage

Le meilleur moment pour andainer le canola est lorsque 50 à 60 % des graines des gousses de la tige principale ont changé de couleur. Dans les exploitations ayant une grande superficie de canola, commencer l'andainage lorsque 30 % des graines ont changé de couleur pour pouvoir récolter la plus grande partie de la superficie près de l'état de maturité optimal et éviter un état de maturité trop avancé et l'égrenage. Le canola mûrit et s'assèche rapidement dans l'andain. Habituellement, après 5 à 10 jours de temps sec, sa teneur en eau a assez diminué pour que les graines des gousses de la partie supérieure du plant soient fermes. Dans l'andain, les graines de canola peuvent perdre 1 % d'eau ou plus à l'heure.

La couleur de la graine est un meilleur indicateur de l'état de maturité que la couleur des gousses ou de l'ensemble du champ. Pour évaluer le stade de maturité, ne tenir compte que des gousses qui se trouvent sur la tige principale. Lorsque 30 à 40 % des graines ont commencé à passer du vert au brun-jaune, leur teneur globale en eau est de 30 %. Comme ce sont les gousses du bas du plant de canola qui mûrissent en premier, celles du haut peuvent être encore verdâtres lorsque le champ est prêt pour l'andainage. Ne pas laisser la maturation hâtive due à la pourriture sclérotique ou à l'alternariose fausser l'évaluation du stade optimal pour l'andainage, puisque la plus grande partie du rendement viendra des plants sains. Choisir un moment où la plus grande partie du champ se trouve au stade voulu tout en vérifiant que dans les parties moins avancées en maturité, les graines sont vertes et fermes, et qu'elles ne sont plus translucides. Il est parfois avantageux d'andainer lorsque la culture est légèrement humectée par la rosée ou par une bruine. Effectuer une coupe assez haute, à environ 25 à 30 cm

(10 à 12 po) pour que les tiges supportent l'andain (et pour limiter l'usure de la moissonneuse). Pour plus d'information sur l'évaluation des champs, voir la publication du Conseil canadien du canola intitulée *Canola Time of Swathing Guide*, [www.canola-council.org/pub\\_swathing.html](http://www.canola-council.org/pub_swathing.html).

### Herbicides pré-récolte pour faciliter la récolte du canola

Un traitement à l'herbicide effectué avant la récolte peut faciliter la coupe directe parce qu'il accélère l'assèchement des plants de canola et des mauvaises herbes et permet ainsi une récolte en temps opportun; il réduit également les quantités d'impuretés dues à la présence de graines vertes. Cette méthode peut être utile si la récolte est inégale puisqu'elle réduit les risques d'égrenage des plants mûrs pendant la maturation des parties moins avancées. Ce type de traitement accélère l'assèchement mais non la maturité des plants. Récolter aussitôt que la culture est prête parce qu'un assèchement plus poussé accroîtrait les risques de pertes par égrenage. Si l'on prévoit de semer du blé d'automne et que les mauvaises herbes vivaces exercent une forte pression, la meilleure option pourrait être une destruction chimique effectuée avant la récolte; en effet, après la récolte, il ne reste pas assez de parties aériennes pour permettre une lutte efficace. L'application de glyphosate sur le canola Roundup-Ready facilite la destruction chimique des mauvaises herbes et la lutte contre les espèces vivaces, mais elle n'assèche pas la récolte.

### Moissonnage-battage du canola

Le meilleur moment pour récolter le canola est lorsqu'il y a quelques graines vertes et que la teneur en humidité des graines est inférieure à 10 %. Ne pas retarder la récolte, parce que les pertes par égrenage augmentent énormément environ 10 jours après la date optimale. Selon les conditions météorologiques, les graines perdent rapidement leur humidité à raison de 1 à 3 % par jour ou plus. Pour réduire les pertes par égrenage, on peut effectuer le moissonnage-battage à une teneur en humidité plus élevée et faire sécher la récolte, ou bien récolter en présence de rosée ou la nuit. Beaucoup d'exploitants commencent le moissonnage-battage quand les graines contiennent un peu plus de 10 % d'eau. Pour récolter un produit de qualité, vérifier le pourcentage de graines vertes. Les grades Canada n° 1 et n° 2 peuvent en contenir respectivement jusqu'à 2,0 % et 6,0 %, l'examen étant effectué sur des graines écrasées.

Si le temps est chaud et venteux, les graines peuvent avoir une teneur en eau permettant le moissonnage-battage, sans toutefois avoir eu le temps de perdre leur chlorophylle. Plusieurs épisodes de rosée ou pluies légères favorisent la disparition de la couleur verte. Au cours de la journée, poursuivre la surveillance et régler la moissonneuse-batteuse pour réduire autant que possible les pertes de récolte. En moyenne, celles-ci se situent entre 10 et 50 kg/ha (9 à 45 lb/ac). Une perte de 1 kg/ha équivaut à environ 54 graines/m<sup>2</sup> (5 graines/pi<sup>2</sup>) laissées sur le sol.

Pour plus d'information sur le séchage, la manutention et l'entreposage du canola, voir *Storage of Canola* sur le site Web du ministère de l'Agriculture de l'Alberta, [www1.agric.gov.ab.ca/](http://www1.agric.gov.ab.ca/).



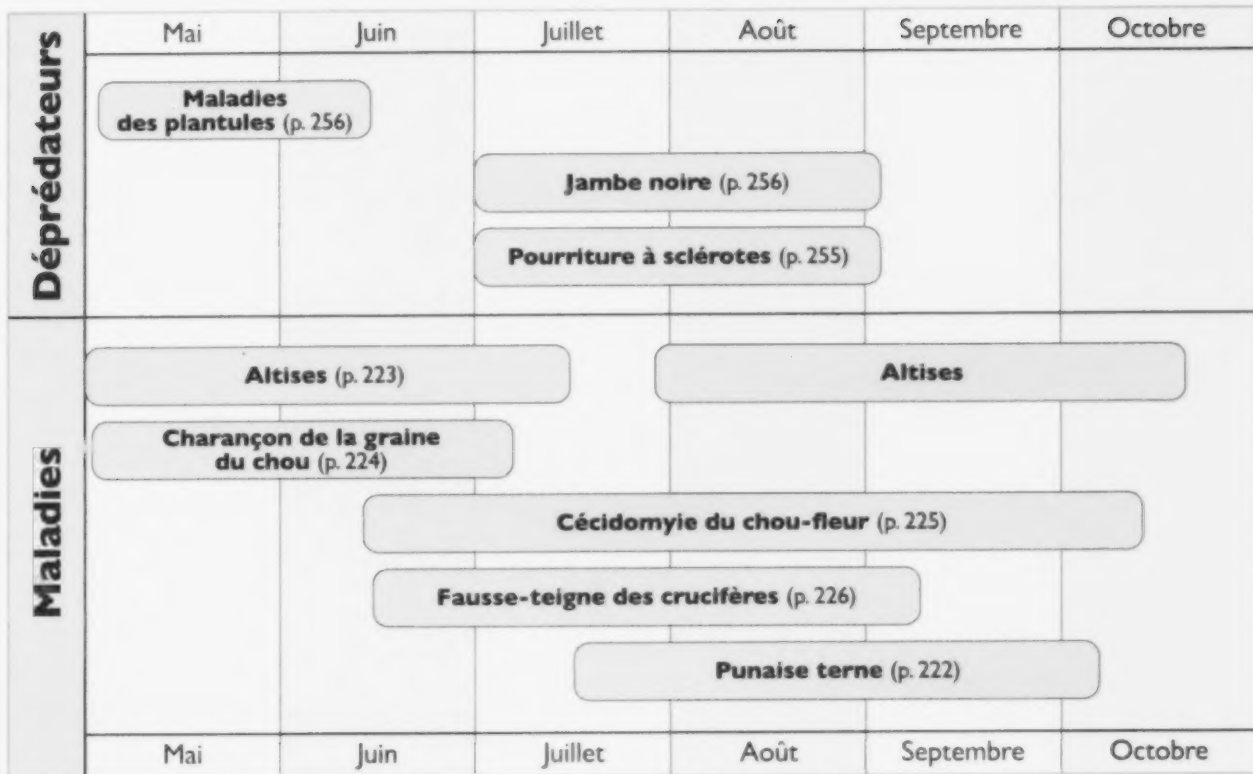


Figure 6-1. Calendrier de dépistage des ennemis du canola

## Autres problèmes liés aux cultures

### Déprédateurs et maladies

La figure 6-1, *Calendrier de dépistage des ennemis du canola*, sur cette page, indique les causes possibles des symptômes observés dans le champ. Les descriptions de chacun des déprédateurs et maladies et des stratégies de dépistage et de lutte se trouvent au chapitre 13, *Déprédateurs des grandes cultures*, et au chapitre 14, *Maladies des grandes cultures*.

Les traitements recommandés pour la lutte contre les déprédateurs et les maladies sont présentés dans la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.

### Gelée

Les plantules de canola peuvent se remettre d'une gelée printanière légère si leur point végétatif n'est pas endommagé. Avant d'entreprendre quoi que ce soit, attendre quatre à cinq jours pour pouvoir évaluer les dommages. Examiner le point végétatif et rechercher la couleur verte au centre des rosettes de feuilles (planche 31, p. 284). Même si les cotylédons et les autres feuilles sont noirs, il peut y avoir une repousse au bout de 4 à 10 jours, selon les conditions météorologiques.

Les plantules tolèrent mieux la gelée au stade de trois ou quatre feuilles qu'au stade des cotylédons. Des cristaux de glace peuvent se former à la surface des plants sans nécessairement causer de

dommages graves. L'eau à l'intérieur des cellules végétales contient des substances dissoutes qui abaissent son point de congélation de plusieurs degrés sous celui de l'eau extérieure. La durée d'exposition du plant au gel revêt une certaine importance; en effet, une forte gelée de courte durée peut causer moins de dégâts qu'une gelée moins accentuée qui dure toute la nuit. Les plants en croissance rapide tolèrent moins bien la gelée que ceux qui ont déjà été exposés au froid pendant plusieurs jours (endurcissement).

Le gel endommage davantage le canola au stade de la floraison. Une exposition à plusieurs heures de gel ( $-3$  à  $-4$  °C) peut ne pas avoir d'effet sur la pollinisation, mais elle peut endommager les graines qui ont commencé à se développer environ une semaine avant la pollinisation. Le gel peut également faire diminuer le remplissage des gousses. Examiner celles-ci pour voir si elles contiennent des graines endommagées qui ont perdu leur couleur verte et leur turgescence (planche 23, p. 282).

### Grêle

Si la grêle enlève les deux cotylédons ou brise la tige sous ceux-ci, les plantules ne survivent généralement pas, mais l'effet sur le rendement n'est pas aussi important que dans le cas de la perte de plants bien développés. Si la grêle survient pendant la croissance végétative, la perte de rendement dépendra de la surface foliaire détruite. Elle correspond à environ 25% de la surface perdue. Les meurtrissures et le bris des tiges entraîneront des pertes plus importantes.

**Tableau 6-6.** Pourcentage de perte de rendement due à la destruction des ramifications pendant la floraison du canola

% de ramifications perdues	Jours à partir de la première fleur				
	-7	0	7	14	21
% de perte de rendement des graines					
10	0	0	10	10	10
20	0	0	13	20	20
30	0	0	12	29	30
40	0	0	12	32	40
50	0	0	14	36	50
60	0	0	18	42	60
70	0	0	24	50	70
80	0	5	31	60	80
90	0	12	40	71	90
100	0	20	51	84	100

Source : Conseil canadien du canola, 1994.

Recherche effectuée dans l'Ouest canadien.

Si la grêle survient pendant la floraison, les plants peuvent compenser en formant des inflorescences secondaires et de nouvelles ramifications (voir tableau 6-6, *Pourcentage de perte de rendement due à la destruction des ramifications pendant la floraison du canola*, sur cette page). Les pertes de rendement les plus importantes sont causées par la grêle à la fin de la floraison et au stade du remplissage des gousses. La canola se rétablit mal de la grêle après le début du stade de remplissage des gousses. Si la grêle arrive entre la floraison et le remplissage des gousses, elle provoquera une poussée de croissance tardive des fleurs qui produira une maturité inégale.

### Graines brunes (endommagées par la chaleur)

Certaines années, la présence de graines brunes a causé quelques problèmes. Il s'agit de la couleur brune de l'intérieur de la graine, qui se révèle lorsqu'on écrase la graine et qui est produite par l'avortement des cotylédons en cours de formation. Le phénomène apparaît lorsque le canola a subi des périodes prolongées de chaleur et de stress provoqué par la sécheresse pendant le remplissage des gousses. Les récoltes ayant de fortes proportions de graines brunes peuvent ne pas convenir à la transformation pour le marché de l'alimentation humaine parce qu'elles ont une teneur beaucoup plus élevée en acides gras libres (AGL) et en phosphore. Les fortes teneurs en AGL sont dues à la dégradation de l'huile contenue dans la graine, qui devient instable et rancit plus rapidement. Des recherches limitées suggèrent que le taux de graines brunes s'accroît lorsque certains insectes se nourrissent des graines en développement (punaise terne et charançon de la graine du chou). L'homologation d'un nouveau cultivar n'est possible que si sa teneur en AGL est inférieure à celle du cultivar témoin.

### Problèmes liés aux graines vertes

La proportion de graines vertes est l'un des principaux critères de classification, le canola de grade 1 devant en contenir 2,0 % ou moins. Les graines immatures ont une couleur verte évidente lorsqu'on les écrase. Cette teinte est due à la « capture » de la chlorophylle dans la graine à la récolte. Les causes peuvent être les suivantes :

- gelée précoce;
- récolte par andainage ou par coupe directe effectuée trop tôt;
- stade de maturité de la récolte inégal;
- cultivar;
- chaleur et très faible taux d'humidité pendant la maturation.

Les enzymes naturelles de la plante dégradent la chlorophylle pendant la maturation des graines. La température de l'air et le taux d'humidité des graines jouent un rôle important dans ce processus. Lorsque le taux d'humidité de la graine tombe sous le seuil de 20 %, son activité enzymatique et sa respiration ralentissent, ce qui a pour effet de retarder la disparition de la couleur verte. Dans les graines vertes qui sont entreposées à des taux d'humidité sans risque (moins de 10 %), cette teinte ne disparaît pas. Une gelée sublétales (d'environ 0 à -10 °C) peut ralentir et même inverser la dégradation enzymatique de la chlorophylle. La gelée provoque principalement un assèchement rapide des gousses et des graines avant la disparition de la chlorophylle. Dans les peuplements peu denses, les plants produisent davantage de ramifications, ce qui a pour effet d'étaler la période de maturation des graines.

### Destruction par l'hiver

En Ontario, le canola d'automne est moins résistant à l'hiver que le blé d'automne. La destruction par l'hiver se produit surtout en mars et en avril quand des froids extrêmes sévissent à nouveau alors que le canola d'automne a perdu de sa résistance et a repris sa croissance. La destruction par l'hiver peut aussi être due au manque de neige, à des périodes prolongées pendant lesquelles la culture est recouverte d'une couche de glace, et au dessèchement causé par des vents hivernaux; ces conditions climatiques ont pour effet d'affaiblir les peuplements.

Le déchaussement peut se produire lorsqu'il n'y a pas assez de neige jusqu'à la fin mars ou jusqu'en avril; il est causé par les cycles de gel-dégel, notamment sur les sols mal drainés. Les petits plants mal établis n'ont pas les racines latérales qui permettraient de les ancrer suffisamment bien. Dans les sols saturés, les cycles de gel-dégel peuvent endommager la partie supérieure de la racine pivotante et permettre la pourriture des racines. La plupart des plants soulevés de plus de 4 cm (1,5 po) ne survivent pas.

Si les dommages sont assez graves (75 % de plants morts), il peut être impossible de sauver la culture. Cependant, si 30 % du peuplement reste intact et que les plants sains sont répartis uniformément dans le champ, la culture compensera par une productivité accrue.

**Pollinisation croisée**

Si l'on permet la pollinisation croisée de cultivars résistants à des herbicides différents, les repousses spontanées de canola dans les cultures subséquentes pourront avoir une résistance multiple. Séparer d'au moins 175 m les champs ensemencés de cultivars résistants à des herbicides différents; cet isolement permet de réduire le nombre de cas de fécondation croisée d'un champ à l'autre. Des recherches effectuées par AAC à Swift Current montrent que la contamination par pollinisation est de 2,1 % à 46 m (150 pi), 1,1 % à 137 m (450 pi) et 0,6 % à 366 m (1 200 pi).

Une étude plus récente a montré que 99 % du pollen indésirable se trouvait dans les 100 premiers mètres (330 pi) d'un champ adjacent.







## 7. Autres cultures

### Sarrasin

Le sarrasin est une annuelle d'été à croissance rapide portant de larges feuilles en forme de cœur et des fleurs blanches. Il lui faut de 10 à 12 semaines des semis à la récolte. C'est une culture sensible au gel et généralement semée plus tard que les autres grandes cultures.

Le sarrasin est cultivé pour l'alimentation humaine, entre dans la composition d'aliments pour le bétail et sert à la fabrication du miel de sarrasin. C'est aussi une culture couvre-sol répandue qui permet de maîtriser temporairement les mauvaises herbes tout en servant d'engrais vert (voir *Couvre-sol*, p. 146). Comme la graine de sarrasin contient l'acide aminé lysine, elle constitue un apport plus complet de protéines que d'autres céréales.

L'exportation vers les pays du littoral du Pacifique, surtout le Japon, constitue le marché le plus lucratif du sarrasin à grosses graines de qualité.

### Méthodes de travail du sol et préparation du lit de semence

Le sarrasin est souvent semé dans des champs abandonnés, d'anciens pâturages ou d'autres terrains négligés depuis des années. Lors de la préparation du lit de semence, il faut viser une lutte efficace contre les mauvaises herbes, une bonne conservation de l'humidité et un sol ferme. Si le champ a été labouré à l'automne, effectuer un passage de disques au début du printemps, puis un autre passage de disques ou du cultivateur environ deux semaines plus tard pour éliminer les mauvaises herbes. Répéter cette séquence jusqu'au moment des semis.

Au printemps, le labour est optionnel, pourvu qu'il soit le plus superficiel possible. Pour améliorer les caractéristiques du sol et en éliminer les mauvaises herbes, travailler le sol tous les 7 à 10 jours jusqu'au moment des semis. Un travail du sol peu profond empêche de ramener de nouvelles graines de mauvaises herbes à la surface et conserve l'humidité du sol. Après le hersage, le champ devrait être prêt pour les semis.

Si on laboure une prairie ou un pâturage fin juin ou début juillet, on peut y semer du sarrasin comme culture couvre-sol qui combattrait les mauvaises herbes ou servirait d'engrais vert.

### Choix du champ

Le sarrasin donne un maximum de résultats dans un sol à texture légère ou moyenne, mais il vient bien dans une variété de sols et offre un meilleur rendement en sol pauvre que toute autre céréale. Le sarrasin préfère un sol bien drainé ayant un pH de 5,0 à 7,0. Il ne tolère pas les sols extrêmement secs, saturés ou compactés.

Un climat humide et frais convient bien au sarrasin, qui s'adapte aussi bien à un climat doux. C'est une culture sensible aux températures élevées et aux vents secs et chauds. Avec ces conditions durant la floraison, la grenaison et le rendement seront réduits. Le sarrasin est sensible au gel de fin de printemps et de début d'automne et il a besoin de 10 à 12 semaines pour arriver à maturité.

Si l'on cultive le sarrasin pour la semence, éviter de le faire dans des champs où l'on a précédemment cultivé d'autres céréales, afin de réduire la proportion de céréales spontanées. On peut remédier à ce problème par un travail du sol à l'automne et par le semis d'une culture couvre-sol d'automne que l'on enfouit au printemps avant de semer le sarrasin.

Pour le sarrasin, les possibilités de lutte contre les mauvaises herbes sont limitées, de telle sorte qu'on obtient un rendement optimal dans des champs propres et exempts de mauvaises herbes.

Il faut également éviter les champs dont les teneurs en azote sont très élevées, ce qui peut provoquer la verse de la culture. Souvent, la croissance dense associée aux champs riches en azote s'accompagne d'une plus grande incidence de la pourriture à sclérotés. La pourriture à sclérotés s'attaque aux cultures de soya, de canola, de tournesol et de sarrasin. Quand c'est possible, il vaut mieux éviter les champs qui ont déjà été infectés par la pourriture à sclérotés.

### Choix du cultivar

Si la culture est destinée à l'exportation, le choix du cultivar est important. Les marchés japonais, nord-américain et européen exigent des cultivars à grosses graines pour la production de farine et de graines décortiquées. Le cultivar Mancan est très aimé, car il présente une tige épaisse de hauteur moyenne, ce qui le rend plus résistant à la verse.

Les nouveaux cultivars ont tendance à produire des graines plus grosses et ont un poids plus élevé au boisseau. Ces cultivars à grosses graines ont des feuilles plus larges, mais n'exigent pas un taux de semis plus élevé que celles à plus petites graines.

Pour trouver des cultures couvre-sol, se référer à la liste des fournisseurs de semences de cultures couvre-sol qui est affichée sur le site Web du MAAARO à l'adresse [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

### Semis

Le sarrasin germe à des températures entre 7 et 40,5 °C (44–105 °F), aussi les semis peuvent être effectués n'importe quand après que le risque de gel est passé.

On obtient les rendements les plus élevés si le semis a lieu immédiatement après que le risque de gel est passé. Quand c'est possible, il faut éviter que la floraison ne survienne par temps

très chaud à la mi-été. Des semis hâtifs permettent de minimiser la repousse l'année suivante, cependant, quand le printemps est frais, certains producteurs ont constaté plus de mauvaises herbes avec les semis hâtifs. Quand le printemps est frais, on retardera les semis jusqu'à ce que les conditions météorologiques soient plus favorables à la levée de la culture.

Traditionnellement, le sarrasin était semé à la mi-été et souvent récolté après le gel. Même si on évite ainsi la floraison par temps chaud, les graines tombées au sol réduisent le rendement et occasionnent une repousse abondante dans les cultures suivantes.

Les semis au semoir à céréales donnent un peuplement plus uniforme. Cependant, on aura aussi des résultats satisfaisants avec des semis à la volée. Il faut semer à une profondeur de 4–6 cm (1½–2½ po), dans un sol humide. Il faut une profondeur de semis permettant tout juste d'atteindre la couche humide, si l'on veut une levée rapide et uniforme. Les plantules devraient lever dans les 2–5 jours.

Pour la production de semences, il est recommandé de semer à raison de 50–65 kg/ha (45–60 lb/ac), ce qui équivaut à 1–1,25 bo/ac. On atteindra ainsi le peuplement idéal de 140–183 plants/m<sup>2</sup> (13–17 plants/pi<sup>2</sup>).

Pour le sarrasin utilisé comme engrais vert, semer aux taux optimaux de 54–108 t/ha (1–2 bo/ac). Des taux de semis plus élevés donnent un peuplement plus dense, qui étouffe les mauvaises herbes. Cependant, avec un peuplement plus clairsemé, la capacité du plant de se ramifier compense souvent, ce qui assure quand même une bonne maîtrise des mauvaises herbes. Avec les taux de semis les plus élevés, il vaut mieux diviser la semence en deux et effectuer deux passages perpendiculaires du semoir à céréales. On obtient ainsi un meilleur espacement des plants avec moins de tiges allongées et minces, donc moins de problèmes de verse.

La floraison commence de 5 à 6 semaines après le semis et se poursuit pendant au moins un mois. Le sarrasin présente trois stades de floraison. Les insectes, les abeilles mellifères et les abeilles coupeuses de feuilles sont les principaux agents de pollinisation et ils sont essentiels à une bonne grenaison. Une entente avec un apiculteur peut être mutuellement avantageuse.

### Utilisation comme engrais vert

Le sarrasin est reconnu pour prélever le phosphate non assimilable par les autres cultures, et il augmente par conséquent la quantité de phosphore biodisponible pour les cultures qui le suivent. Pour tirer avantage de l'importante biomasse du sarrasin, on l'enfouit de 4 à 7 semaines après les semis, avant que la grenaison ne commence. On effectue un passage des disques quand 10 % des plants ont fleuri et on laisse sécher la culture à la surface du sol durant quelques jours. Quand les plants commencent à crépiter sous nos pas, le moment est venu d'effectuer un passage des disques. Si on laisse la culture atteindre la pleine floraison, il y a risque de repousse l'année suivante. Il est possible de procéder à un deuxième et même à un troisième semis si la saison de production est assez longue.

Tableau 7-1. Besoins en azote du sarrasin

Région de croissance	Dose maximale d'azote pour le sarrasin (kg/ha)
Sud de l'Ontario	35
Nord de l'Ontario	55

### Gestion de la fertilité

Le sarrasin a des besoins de fertilisation similaires à ceux de l'avoine. Le tableau 7-1, *Besoins en azote du sarrasin*, sur cette page, et le tableau 7-2, *Doses recommandées de phosphate et de potasse pour le sarrasin et le lin, selon les résultats d'analyses de sol reconnues par le MAAARO*, page en regard, montrent les besoins en N et les doses recommandées de P et K selon les résultats d'analyses de sol.

### Mise en garde :

Le sarrasin est sujet à la verse dans un sol qui contient de hautes teneurs en azote.

### Récolte et entreposage

#### Récolte

Le sarrasin est une plante indéterminée. Le plant porte les fleurs, les graines vertes et les graines à maturité en même temps. Il faut effectuer la récolte avant que les graines ne soient trop mûres, soit dans les 10 semaines environ après le semis. La culture est alors encore en croissance et en floraison. Cependant, il faut que de 70 à 75 % des graines soient brunes et parvenues à maturité mais ne pas avoir commencé à tomber de la base de l'épi. Si l'on récolte plus tard, et que les graines les plus près du sol commencent à tomber, on aura des rendements moindres à cause de la chute des graines, en plus de problèmes de repousse dans la culture suivante. Les rendements varient selon la pollinisation et les facteurs météorologiques. Des rendements de 2,2 t/ha (40 bo/ac) sont possibles, bien qu'ils se situent le plus souvent autour de 1,1–1,6 t/ha (20–30 bo/ac).

L'emploi de dessiccants affaiblit la tige et provoque la verse. Il ne faut pas utiliser de dessiccants avec le sarrasin. Il faut effectuer l'andainage avant le moissonnage-battage si la culture n'a pas été tuée par le gel. Il vaut mieux procéder à l'andainage tôt le matin lorsqu'il y a encore de la rosée ou par temps humide afin de minimiser les pertes par égrenage. La coupe du sarrasin doit laisser un chaume assez haut pour faciliter le séchage. On laisse sécher les andains jusqu'à ce que l'épi atteigne une teneur en eau de 16 %.

Pour réduire l'égrenage lors du moissonnage-battage, ralentir la vitesse de ramassage pour qu'elle corresponde à la vitesse d'avancement de la moissonneuse-batteuse. Le ramasseur d'andains à toile provoque moins d'égrenage que le ramasseur d'andains à tambour. Pour minimiser les bris de graines, réduire la vitesse du cylindre à un tiers (600–800 tours/min) de celle utilisée pour les petites céréales et régler le contre-batteur à une ouverture d'environ 13–16 cm (5¼–6½ po) à l'avant et de 9 mm (¾ po) à l'arrière. Le crible supérieur est réglé à 16 mm (¾ po).

**Tableau 7-2.** Doses recommandées de phosphate et de potasse pour le sarrasin et le lin, selon les résultats d'analyses de sol reconnues par le MAAARO

Teneur en phosphore évaluée au bicarbonate de sodium (ppm)	Cote <sup>1</sup>	Phosphate ( $P_2O_5$ ) <sup>2</sup> nécessaire (kg/ha)	Teneur en potassium évaluée à l'acétate d'ammonium (ppm)	Cote <sup>1</sup>	Potasse ( $K_2O$ ) <sup>2</sup> nécessaire (kg/ha)
0-3		70	0-15		70
4-5	RÉ	60	16-30	RÉ	50
6-7		50	31-45		40
8-9		30	46-60		30
10-12		20	61-80		20
13-15	RM	20	81-100	RM	20
16-30	RF	0	101-120	RF	0
31-60	RTF	0	121-250	RTF	0
61+	RN <sup>2</sup>	0	251+	RN <sup>2</sup>	0

100 kg/ha = 90 lb/ac

<sup>1</sup> RÉ, RM, RF, RTF et RN indiquent la probabilité que la fertilisation soit rentable, à savoir respectivement : probabilité élevée, moyenne, faible, très faible et nulle. L'épandage d'éléments nutritifs est rentable lorsque l'accroissement de la valeur de la récolte créée par le gain de rendement ou de qualité dépasse le coût d'application de l'élément nutritif en question.

<sup>2</sup> On ne s'attend à aucune réponse agronomique de la culture à un épandage supplémentaire d'élément nutritif. La cote RN peut correspondre à une perte de rendement ou à un déséquilibre des éléments nutritifs pour la culture en cas d'épandage d'engrais. Par exemple, l'épandage de phosphate peut provoquer une carence en zinc dans les sols où  $P > 60$  ppm et dont la teneur en zinc est faible. Un tel épandage peut aussi accroître les risques de pollution de l'eau avoisinante. L'épandage de potasse dans des sols pauvres en magnésium et dont la teneur en  $K > 250$  ppm peut provoquer une carence en magnésium.

et le crible inférieur à 8 mm ( $\frac{1}{16}$  po). En cas de décorticage de la graine, ouvrir le contre-batteur plus grand ou réduire la vitesse du cylindre inférieur. On peut ensuite ouvrir graduellement le crible inférieur jusqu'à un réglage ne laissant pas passer trop de corps étrangers. Vérifier si le jet d'air est assez puissant pour extraire la quantité maximale de déchets sans toutefois rejeter de graines propres.

Lorsqu'on fait les semis l'été, il faut attendre 7-10 jours après un léger gel d'automne avant le moissonnage-battage sans andainage. Il faut garder la coupe la plus haute possible et faire avancer la moissonneuse-batteuse à basse vitesse pour éviter de la surcharger. Pour réduire les bris de graines, prendre garde aux quantités de matières grossières qu'on laisse passer afin que seulement un minimum de graines ne pénètrent dans le retour. De cette façon, on réduit les risques de dommage.

### Entreposage

Il faut une teneur en eau de moins de 16 % pour un bon entreposage. Comme le marché japonais n'achète que du sarrasin fraîchement récolté, ne pas entreposer les graines pour les vendre l'année suivante et ne pas mêler les récoltes des années précédentes avec celles de l'année. Il est facile de distinguer le sarrasin entreposé les années précédentes de celui qui vient tout juste de l'être, par la couleur de la graine sous la coquille. Les graines plus vieilles s'oxydent, et la couleur vert pâle, juste sous la coquille des nouvelles graines, tourne graduellement au brun-rouge durant l'entreposage.

### Aliments pour animaux

On peut utiliser la graine de sarrasin dans les aliments pour animaux, en l'incluant de façon limitée dans la ration. La graine de sarrasin peut composer jusqu'à un tiers de la ration

alimentaire des bovins de boucherie ou des bovins laitiers. Récemment, la recherche sur de nouveaux cultivars de sarrasin destinés à l'alimentation du porc a démontré que le rendement global des porcs d'engraissement et de finition était comparable à celui des porcs nourris avec des céréales. Cependant, le prix du sarrasin en fait un aliment à servir aux animaux moins économique que les céréales.

### Mise en garde

Servir le fourrage de sarrasin, qu'il soit frais ou sec, peut entraîner des effets toxiques. On note comme principal effet toxique une photosensibilité chez les animaux à peau claire (notamment les bovins, les chèvres, les moutons, les porcs et les dindons) lorsqu'ils sont exposés au soleil. La jaunisse constitue aussi un autre effet secondaire toxique.

### Lutte contre les mauvaises herbes

La lutte contre les mauvaises herbes peut parfois poser problème dans les cultures de sarrasin. Elle nécessite une bonne planification, puisque les herbicides sur lesquels on peut compter sont peu nombreux, particulièrement pour lutter contre les dicotylédones. Comme le sarrasin est semé tardivement, on a amplement l'occasion de lutter contre les mauvaises herbes en recourant à des herbicides ou au sarclage avant le semis. Éviter les herbicides rémanents (c.-à-d. laissant des résidus de triazine, de sulfonilurée et de trifluraline) avant les semis.

### Insectes et maladies

Le sarrasin présente rarement des problèmes liés aux insectes et aux maladies.

## Lin

La graine de lin se prête à de multiples usages. De façon traditionnelle, elle entre dans la composition de peintures à l'huile et d'autres revêtements protecteurs. Elle est également utilisée dans la fabrication du linoléum, de l'encre d'imprimerie, de savons, du mastic, de lubrifiants industriels de même qu'un revêtement résistant au sel pour le béton de routes et des trottoirs. La graine de lin contient de 35 à 40 % d'huile de lin. Après extraction de l'huile, le tourteau sert de supplément protéinique pour le bétail, avec une teneur moyenne en protéines d'environ 35 %. L'ajout de lin ou de sous-produits de lin dans une gamme d'aliments a permis une diversification de ce marché.

Ces dernières années, la superficie consacrée à la culture du lin destiné aux marchés du lin oléagineux était plutôt limitée en Ontario à cause d'un manque d'installations locales de trituration des graines. Vers 1950, il y avait en Ontario plus de 30 000 ha (74 100 ac) de lin. Au cours des dix dernières années, cette superficie est tombée à moins de 1 000 ha (2 470 ac). Plus récemment, la promotion des avantages pour la santé de la graine de lin et l'ouverture de marchés d'exportation potentiels pour le lin destiné à l'industrie textile, pourraient justifier le retour de cette culture dans certaines régions de l'Ontario. Pour plus de renseignements sur cette culture au Canada, on peut visiter le site Web du Flax Council of Canada à l'adresse [www.flaxcouncil.ca](http://www.flaxcouncil.ca).

À moins qu'il n'en soit précisé autrement, les recommandations données ici visent la culture du lin de type oléagineux. Les recommandations pour la production du lin destiné à l'industrie textile pourraient être différentes; elles nécessitent des recherches supplémentaires.

### Travail du sol

Le travail du sol selon des méthodes traditionnelles est recommandé. Dans la plupart des cas, il y a travail primaire du sol l'automne, suivi d'un travail au début du printemps et des semis. Le travail secondaire doit être peu profond pour établir un lit de semence ferme. On recommande le passage des rouleaux avant ou après les semis. À ce jour, la culture a donné de meilleurs résultats là où il y a peu de résidus de surface. Certains producteurs ont fait l'essai du semis direct et obtenu des résultats assez satisfaisants. On aura recours à des rotations similaires à celles des céréales ou des légumineuses fourragères.

### Choix du cultivar

On choisira un cultivar différent selon que l'on cultive du lin pour la production d'huile ou pour l'industrie textile. Jusqu'à maintenant, la seule production commerciale de lin au Canada visait la production d'huile. Les cultivars de lin de type oléagineux sont produits spécifiquement pour l'extraction de l'huile par trituration de la graine.

Le solin est un nouveau cultivar mis au point à partir du lin au moyen de techniques de sélection de pointe. L'huile de solin est à faible teneur d'acide linoléique, soit moins de 5 %, par rapport à une teneur dépassant 50 % dans l'huile de lin, et elle

donne une huile légère idéale pour la cuisson. Les normes de la Commission canadienne des grains précisent que les cultivars de solin doivent présenter un tégument jaune.

À l'heure actuelle, les cultivars de lin ne font pas l'objet d'essais officiels en Ontario. Cependant, on peut trouver les résultats d'essais de cultivars de solin et de lin réalisés dans l'Ouest canadien sur le site Web du Flax Council of Canada à l'adresse [www.flaxcouncil.ca](http://www.flaxcouncil.ca).

### Semis

Les semis de lin se font avec des semoirs similaires à ceux utilisés pour les céréales, en rangs serrés (avec un écartement de 15–20 cm ou 6–8 po). Le semoir à céréales donne généralement une profondeur de semis et une levée plus uniforme que le semis à la volée. Semer à une profondeur maximale de 2,5 cm (1 po) puisque, en général, le sol renferme assez d'humidité à cette profondeur pour favoriser la germination. Des semis plus profonds risquent fort de retarder la levée, surtout au cours des printemps frais et humides. Les taux de semis optimaux sont de 35–40 kg/ha (31–45 lb/ac). Des taux de semis supérieurs à 50 kg/ha (45 lb/ac) accompagnés de doses d'azote élevées peuvent entraîner une verse extrême, qui rendrait la récolte difficile.

Semer le plus tôt possible au printemps sur un lit de semence ferme et sec. Les semis hâtifs donnent de meilleurs rendements et une culture plus facile à récolter. On voudra privilégier les loams bien drainés, les loams limoneux ou les loams argileux. On a remarqué des rendements plus faibles dans les sols sableux, le système racinaire étant sensible à la sécheresse à cause d'une racine pivotante relativement courte. De façon générale, les plantules résistent à un gel modéré.

### Croissance de la culture

Le lin est une annuelle pourvue d'une courte racine pivotante à partir de laquelle des racines fasciculées croissent à des profondeurs d'environ 1,2 m (4 pi) dans un sol à texture légère. Le plant atteint une hauteur de 45–91 cm (18–36 po), selon les conditions de croissance. Dans les peuplements denses, seule une tige principale se développe mais dans les peuplements clairsemés, on peut trouver quatre ramifications et plus. Les fleurs sont blanches, bleues, roses ou violettes, selon le cultivar. Les fleurs s'ouvrent tard le matin et tombent tôt l'après-midi. Le lin fleurit pendant trois semaines et plus s'il dispose d'éléments nutritifs suffisants. Ses fleurs peuvent s'auto-polliniser, mais une pollinisation croisée peut survenir grâce aux insectes. Une capsule de graines donne jusqu'à 10 graines dont la couleur varie du rouge au brun foncé au jaune terne. La graine présente un tissu mucilagineux, d'où sa texture collante lorsqu'elle est humide.

### Gestion de la fertilité

Les doses d'azote recommandées pour le lin sont les mêmes que pour les céréales mélangées (45 kg/ha ou 40 lb/ac pour le sud de l'Ontario, et 70 kg/ha ou 62 lb/ac pour le nord de l'Ontario). Trop d'azote peut provoquer la verse. L'analyse de sol reste la meilleure méthode pour déterminer les besoins en éléments



fertilisants. Se référer au tableau 7-2, *Doses recommandées de phosphate et de potasse pour le sarrasin et le lin, selon les résultats d'analyses de sol reconnues par le MAAARO*, p. 131. La graine de lin est facilement brûlée par l'engrais. Par conséquent, tous les éléments fertilisants devraient être épandus à la volée.

## Récolte et entreposage

### Récolte

Le lin donne habituellement des rendements de 1 200–2 000 kg/ha (1 100–1 800 lb/ac). La récolte de la graine de lin peut être effectuée en coupe directe par moissonnage-battage ou après un andainage préalable. Comme le lin continue de produire de nouvelles repousses tout au long de la saison, il faut recourir à un dessicant en pré-récolte si la culture est récoltée sans andainage préalable. En général, les producteurs emploient du glyphosate à cette fin. Se référer à l'étiquette du produit pour savoir comment l'utiliser en pré-récolte. L'andainage effectué avant le moissonnage-battage donne une graine plus sèche que la récolte en coupe directe. L'andainage doit être effectué lorsque environ 90 % des feuilles sont tombées, et que les graines sont devenues brun foncé. La graine de lin ne s'égrène pas aussi facilement que les autres graines. En présence de mauvaises herbes dans la culture, il vaut mieux andainer afin que les mauvaises herbes et la paille puissent sécher avant la récolte. Il faut laisser 15 cm (6 po) de chaume dans le champ pour que les andains ne reposent pas au sol. Dans de bonnes conditions de séchage, la récolte peut être moissonnée trois ou quatre jours après l'andainage.

Garder les barres de coupe bien affilées et les déflecteurs bien propres pour réduire l'accumulation de foin de lin non mûre sur le couteau. On effectue le moissonnage-battage du lin lorsque la paille est sèche et que l'on entend les graines s'entrechoquer dans la capsule. Le lin semé hâtivement est plus facile à battre que le lin semé tardivement parce qu'il bénéficie de meilleures conditions de séchage avant d'être récolté. Il faut faire le moissonnage-battage à l'aide de rabatteurs à battes, car les rabatteurs-ramasseurs entraînent souvent des problèmes d'enroulement.

On recommande généralement de régler la moissonneuse-batteuse en refermant de moitié l'ouverture entre les cylindres et le contre-batteur par rapport à l'ouverture utilisée pour les céréales et de ralentir la rotation du cylindre. La vitesse du ventilateur doit être assez faible pour éviter que les graines s'envolent derrière la moissonneuse. Un échantillon d'apparence « propre » dans la trémie indique qu'une trop grande quantité de graines est relâchée derrière la moissonneuse. Il n'est pas rare que le niveau d'impuretés atteigne 5 à 10 %. Il faut s'assurer de bien boucher les trous dans la trémie, les vis sans fin et les élévateurs, car la graine de lin est très glissante et peut s'échapper par de petits trous.

### Entreposage

Habituellement, on n'entrepose pas le lin à la ferme; on l'expédie immédiatement après la récolte. La culture doit montrer une teneur en eau optimale de 10,5 %. Une teneur en eau plus grande entraîne des coûts supplémentaires de séchage et une perte de masse. L'entreposage convenable est indispensable car le lin peut rapidement se détériorer. Il faut réparer les trous des cellules de stockage puisqu'il peut y avoir des fuites au travers de très petites

ouvertures. Il faut enlever les graines peu mûres et les graines de mauvaises herbes pour réduire la quantité d'impuretés.

### Enlèvement de la paille

La paille des lins de type oléagineux ne convient pas à l'industrie textile à cause des courtes fibres de la tige. La paille de lin se décompose lentement dans le sol et peut nuire au travail du sol qui suit la récolte ou pendant la saison suivante. Il est habituellement préférable de trouver un débouché pour la paille de lin et de l'enlever du champ. La paille est parfois utilisée comme litière dans les parcs d'engraissement. On l'utilise aussi comme combustible dans de gros appareils de chauffage.

### Lutte contre les mauvaises herbes

Le lin combat mal les mauvaises herbes. Le lin ne forme pas de couvert dense pouvant ombrager le sol, ce qui laisse la chance aux mauvaises herbes de s'établir. Dans la mesure du possible, le lin devrait être semé dans des champs où il y a relativement peu de mauvaises herbes. Ne pas cultiver de lin dans un champ où des adventices vivaces tenaces ont posé problème, car peu de solutions de lutte sont possibles dans les cultures de lin.

Pour toutes les recommandations concernant les herbicides, consulter la publication 75F du MAAARO, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*.

### Insectes et maladies

Habituellement, les insectes et les maladies ne posent pas de problèmes dans la production du lin.

### Tournesol

Le tournesol est cultivé en Ontario depuis plusieurs dizaines d'années. En Ontario, le marché de l'alimentation pour les oiseaux et le marché de la confiserie constituent les principaux débouchés du tournesol. Le tournesol à graines noires et le tournesol à graines rayées servent tous deux à l'alimentation des oiseaux. En Ontario, il n'existe pas de marché d'extraction de l'huile de tournesol. La superficie consacrée à la culture du tournesol en Ontario s'est maintenue entre 500 et 1 000 ha (1 235 à 2 470 ac) par an au cours des dix dernières années.

### Méthode de travail du sol

Le tournesol a besoin d'un lit de semence humide et ferme, sans mauvaises herbes. Un travail traditionnel du sol est généralement utilisé plutôt que le semis direct, car il permet une meilleure lutte contre les mauvaises herbes.

On obtient généralement le meilleur rendement sur des sols de texture moyenne bénéficiant d'un bon drainage naturel : loam, loam limoneux ou loam limoneux-argileux. Le tournesol pousse également bien dans un sol sableux, quoique le rendement est moindre en temps de sécheresse. Il faut éviter les sols dont le drainage est mauvais, car ils retardent les semis, ralentissent la croissance et présentent un risque plus élevé de maladie.



**Tableau 7-3.** Doses recommandées de phosphate et de potasse pour le tournesol, selon les résultats d'analyses de sol reconnues par le MAAARO

Teneur en phosphore évaluée au bicarbonate de sodium (ppm)	Cote <sup>1</sup>	Phosphate (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) nécessaire (kg/ha)	Teneur en potassium évaluée à l'acétate d'ammonium (ppm)	Cote <sup>1</sup>	Potasse (K <sub>2</sub> O) nécessaire (kg/ha)
0-3	RÉ	110	0-15	RÉ	170
4-5		100	16-30		160
6-7		90	31-45		140
8-9		70	46-60		110
10-12	RM	50	61-80	RM	80
13-15		20	81-100		50
16-30	RF	20	101-120	RF	30
31-60	RTF	0	121-250	RTF	0
61+	RN <sup>2</sup>	0	251+	RN <sup>2</sup>	0

100 kg/ha = 90 lb/ac

RÉ, RM, RF, RTF et RN indiquent la probabilité que la fertilisation soit rentable, à savoir respectivement : probabilité élevée, moyenne, faible, très faible et nulle. L'épandage d'éléments nutritifs est rentable lorsque l'accroissement de la valeur de la récolte crée par le gain de rendement ou de qualité dépasse le coût d'application de l'élément nutritif en question.

<sup>1</sup> On ne s'attend à aucune réponse agronomique de la culture à un épandage supplémentaire d'élément nutritif. La cote RN peut correspondre à une perte de rendement ou à un déséquilibre des éléments nutritifs pour la culture en cas d'épandage d'engrais. Par exemple, l'épandage de phosphate peut provoquer une carence en zinc dans les sols où P > 60 ppm et dont la teneur en zinc est faible. Un tel épandage peut aussi accroître les risques de pollution de l'eau avoisinante. L'épandage de potasse dans des sols pauvres en magnésium et dont la teneur en K > 250 ppm peut provoquer une carence en magnésium.

## Choix du cultivar

Aucun essai n'est effectué sur les cultivars de tournesol en Ontario. Des essais sur les cultivars sont effectués par l'intermédiaire de la National Sunflower Association of Canada; voir le site Web à l'adresse [www.canadasunflower.com](http://www.canadasunflower.com).

Il y a le tournesol de type oléagineux et le tournesol de confiserie. Le type oléagineux présente une écale noire et il peut s'agir d'hybrides traditionnels, d'hybrides nains, de cultivars dits « mid-oleic » (à teneur modérée en acide oléique) ou de cultivars à pollinisation libre. Les hybrides nains viennent à maturité de 6 à 13 jours plus tôt que les hybrides traditionnels. Les cultivars de tournesol à pollinisation libre (Sunola) sont plus courts et ont besoin de moins de chaleur pour arriver à maturité que les tournesols ordinaires. Cependant, ils résistent moins bien à la maladie.

Le tournesol non oléagineux possède une écale rayée et il est destiné à l'alimentation humaine. Seuls les cultivars de tournesol de confiserie ayant les plus grosses graines sont réservés à l'alimentation humaine; cependant, ces cultivars sont facilement endommagés par les oiseaux et les insectes.

Les hybrides présentent de nombreux avantages par rapport aux cultivars à pollinisation libre. Ils donnent un rendement supérieur d'environ 20 %, et ils ont une plus grande résistance à la maladie (surtout au mildiou, à la rouille et à la verticilliose), un haut niveau d'auto-compatibilité (ce qui réduit le besoin de pollinisation par les abeilles), en plus d'une hauteur de plant et d'une teneur en eau plus uniformes au moment de la récolte.

Le tournesol est une plante haute ne comportant habituellement qu'une seule tige, à larges feuilles avec un seul capitule par plant. La tige est pubescente et se lignifie à mesure que le plant vieillit. Les plantes sont héliotropiques, c.-à-d. que leurs fleurs font face à l'est le matin et à l'ouest le soir, car

elles suivent le soleil durant la journée. Elles sont dotées d'une racine pivotante profonde, qui leur permet de bien supporter les périodes de sécheresse et leur donne accès en couche profonde à un approvisionnement en éléments nutritifs et en eau qui n'est généralement pas disponible pour de nombreuses autres cultures annuelles. Par conséquent, le tournesol s'adapte mieux à des conditions sèches que la majorité des cultures.

## Semis

Le tournesol est généralement semé début mai, comme le maïs, et il fleurit à la fin juillet. Il a besoin d'environ 100-120 jours pour arriver à maturité. Les plantules tolèrent relativement bien le gel jusqu'au stade quatre feuilles. Le report des semis après le 15 mai augmente le risque de dommages par le gel avant que le tournesol n'arrive à maturité à l'automne. Pour les semis tardifs, utiliser les hybrides ou cultivars hâtifs.

Les semis s'effectuent à une profondeur optimale de 3-5 cm (1¼-2 po) et d'au plus 8 cm (3¼ po), en sol humide. Les semis peu profonds conviennent à un sol frais et humide, à texture fine. Dans un sol plus lourd, ou en cas de précipitations abondantes et de grand vent, le tournesol aura tendance à verser.

On recommande un écartement des rangs de 60-90 cm (24-36 po). Utiliser un semoir à maïs avec les réglages appropriés ou un semoir à céréales dont une partie des buses à semence sont obstruées. Les semoirs à céréales donnent en général une moins bonne levée. On recommande un taux de semis de 40 000-60 000 plants/ha (16 000-24 000 plants/ac). Le tournesol de confiserie ne devrait pas être semé à plus de 18 000 plants/acre, si l'on veut obtenir des graines plus grosses. En général, on utilise 25 % plus de semences que le peuplement souhaité. Si l'écartement des rangs est moindre (18-25 cm ou 7-10 po) et que la culture est dense, il y a risque de pourriture

à sclérotés avec le climat humide de l'Ontario. On constate moins de verse si les rangs vont d'est en ouest, puisque les fleurs font face à l'est et entraînent le plant à s'incliner vers l'est.

### Rotation

Ne pas cultiver le tournesol dans le même champ plus de une fois tous les quatre ou cinq ans, pour éviter l'accumulation de maladies. Le canola, le haricot sec comestible, le soya et le sarrasin sont toutes des plantes hôtes du champignon qui cause la pourriture à sclérotés; il faut faire une surveillance étroite ou éviter complètement de telles rotations.

Dans certaines rotations des cultures, les repousses de tournesol peuvent poser problème. Le tournesol est sensible à l'atrazine ainsi qu'à la rémanence d'autres herbicides, comme les sulfonyles (inhibiteurs de l'acétolactate synthase ou ALS), par exemple.

### Gestion de la fertilité

Pour le tournesol, la dose recommandée d'azote est de 90 kg/ha (80 lb/ac). L'azote est mieux absorbé lorsque la plus grande partie de l'engrais azoté est épanchée en bandes latérales avant que les plants atteignent 30 cm (12 po) de hauteur. On détermine les besoins en phosphore et en potasse d'après les résultats d'une analyse de sol (voir *Analyse du sol*, p. 155) et le tableau 7-3, *Doses recommandées de phosphate et de potasse pour le tournesol, selon les résultats d'analyses de sol reconnues par le MAAARO*, page précédente.

### Récolte et entreposage

#### Récolte

Habituellement, les rendements de tournesol en Ontario vont de 1 500 à 2 000 kg/ha (1 300 à 1 800 lb/ac). Les plants sont prêts lorsque l'arrière du capitule vire au jaune, et que les bractées sont brunes, dures et sèches. À ce stade, les graines ont une teneur en eau d'environ 50 %. La récolte s'effectue normalement de septembre à la mi-octobre.

En Ontario, si une récolte est tardive, le séchage est favorisé par le gel. L'usage d'un dessicant n'est pas nécessaire habituellement. Cependant, un gel hâtif peut nuire au rendement et réduire la teneur en huile. Pour éviter cet inconvénient, il faut récolter au moment où les graines ont une teneur en eau plus élevée et les faire sécher; de cette façon, on peut réduire les pertes occasionnées par l'égrenage et l'alimentation des oiseaux. Il faut raccourcir le délai entre l'arrivée à maturité et la récolte pour soustraire la culture aux oiseaux et éviter la pourriture du capitule.

La récolte du tournesol s'effectue à la moissonneuse-batteuse munie d'une tête pour petites céréales. La plupart des moissonneuses-batteuses sont munies de longs plateaux s'étendant à l'avant de la barre de coupe destinés à récupérer les graines issues de l'égrenage. Pour la récolte du tournesol, on enlève généralement le rabatteur ou on le dispose plus haut. Pour ne pas endommager les graines, régler la vitesse de rotation du

cylindre au plus lent avec les plus grandes ouvertures. Réduire le débit d'air afin d'éviter de souffler les graines vers l'arrière.

### Entreposage

Après la récolte, nettoyer les graines pour enlever les impuretés. Pour un bon entreposage, les graines doivent avoir une teneur en eau de 9,5 % et moins. Immédiatement après la récolte, il faut assécher les graines renfermant davantage d'eau. Le tournesol s'assèche facilement dans des séchoirs à céréales traditionnels. Le tournesol de confiserie peut ratatiner ou brûler. Laisser refroidir avant d'entreposer.

#### Mise en garde :

Il faut sécher les graines à basse température car les fibres et les poils fins de l'écorce de la graine pourraient s'enflammer au contact du ventilateur.

Habituellement, le contenu d'une cellule de stockage remplie de graines de tournesol aura un poids équivalent à 70 % de celui de la même cellule remplie de maïs. Les graines peuvent être entreposées pour de courtes périodes avec une teneur en eau allant jusqu'à 12 %. Des graines tièdes ou dont la teneur en eau est plus élevée risquent de se détériorer.

### Lutte contre les mauvaises herbes

Les plantules de tournesol peuvent souffrir de la concurrence exercée par les mauvaises herbes. Si les mauvaises herbes ne sont pas maîtrisées tôt en saison, le rendement de la culture en souffrira. À mesure qu'il vient à maturité, le tournesol est plus en mesure de lutter contre les mauvaises herbes.

On peut procéder au hersage avant la levée des plantules pour éliminer les mauvaises herbes avant qu'elles ne s'établissent. Un hersage léger à l'aide d'une herse à dents flexibles peut être effectué sur les plantules de tournesol entre les stades quatre et six feuilles pour éliminer les mauvaises herbes tardives. Le hersage donne de meilleurs résultats par temps chaud et sec, car il évite ainsi d'endommager la culture. Le sarclage des entre-rangs est aussi recommandé.

Pour connaître les recommandations concernant les herbicides, consulter la publication 75F du MAAARO, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*.

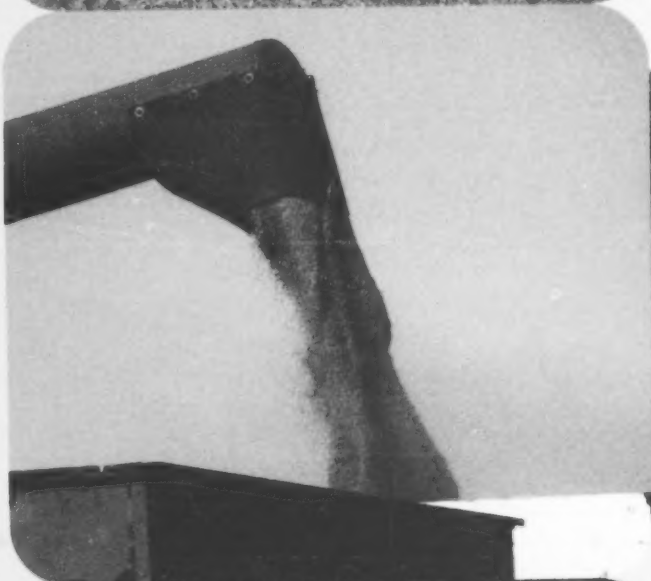
### Insectes

Le tournesol ne présente généralement pas de problèmes liés aux insectes.

On trouvera des descriptions détaillées de déprédateurs et de maladies, des méthodes de surveillance et des stratégies de lutte au chapitre 13, *Déprédateurs des grandes cultures*, et au chapitre 14, *Maladies des grandes cultures*.

La publication 812F, *Guide de protection des grandes cultures*, explique les méthodes de lutte recommandées contre les ennemis des grandes cultures.









## 8. Gestion des sols

La gestion des sols fait partie intégrante de tout système de production des cultures. Même en ayant recours aux meilleures pratiques culturales, il n'est pas certain qu'on obtiendra toujours une récolte satisfaisante dans un champ où la gestion des sols laisse à désirer. Le présent chapitre traite des principales composantes de la conservation des sols et présente des méthodes qui permettent d'évaluer l'état de ces derniers. On y décrit aussi diverses pratiques de gestion visant à maintenir ou à améliorer la qualité des sols.

### Conservation du sol

#### Formation du sol

En Ontario, les propriétés des sols sont étroitement associées aux reliefs formés par la glace des glaciers, les eaux de fonte, les laes glaciaires et le vent. Les glaciers se sont déplacés à travers toute la province de l'Ontario, broyant le roc en fines particules, puis mélangeant et déplaçant le sol qui s'y trouvait. En se retirant, ils ont laissé sur place des composants du sol qui se trouvaient dans la glace. Le sable et le gravier contenus dans l'eau de fonte se sont empilés en couches minces et des lits plats de sable, de limon et d'argile se sont déposés dans les laes formés par l'accumulation de l'eau de fonte. Des vents forts soufflant sur les terres dénudées et plates ont par ailleurs transporté au loin les particules de sol. Tous ces dépôts sont à l'origine de nos sols actuels.

À certains endroits, la couche arable est très rapprochée du substratum rocheux; on trouve aussi de la tourbe ou des terres noires, des plaines de till, des moraines terminales, des plaines de sable et des plaines d'argile. Pour plus de renseignements et des exemples de photos des divers reliefs, consulter le fascicule du MAAARO, *Les pratiques de gestion optimales : Gestion du sol*, commande n° BMP06F. Voir aussi la page Web du MAAARO sur la *Gestion du sol* à l'adresse [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

#### Variabilité des sols

En Ontario, la composition du sol varie grandement à cause de l'effet de raclement et de mélange attribuable au mouvement des glaciers. En plus de la fonte des glaciers, le vent et l'eau ont aussi contribué avec le temps à une plus grande différenciation des sols. En certains endroits, la couche arable est très rapprochée du substratum rocheux. Ailleurs, elle compte jusqu'à 100 m (328 pi) de profondeur. La profondeur de la couche arable varie en raison de la diversité des conditions de la formation des sols. Ces derniers sont différents d'une région et d'une ferme à l'autre, et même à l'intérieur d'un même champ. Examiner une coupe effectuée dans le sol et constater les variations du sol selon l'horizon pédologique (voir figure 8-1, *Variabilité des horizons pédologiques*, sur cette page). Cette variabilité naturelle s'observe souvent sur de très courtes distances.

Les producteurs agricoles ont observé depuis longtemps cette variabilité des horizons du sol et ont donc tenté d'améliorer les parcelles moins productives.

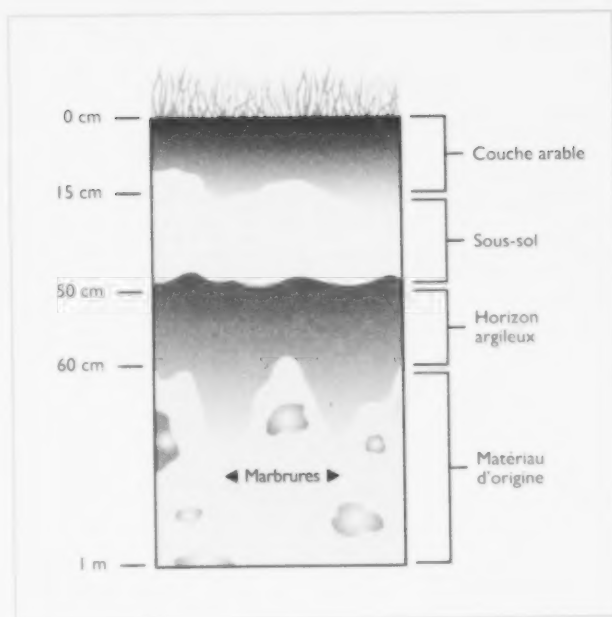


Figure 8-1. Variabilité des horizons pédologiques

Les capteurs de rendement ont permis d'évaluer à quel point la variabilité des horizons du sol pouvait influencer sur les rendements. Dans certains champs de maïs, il peut y avoir plus de 6,3 t/ha (100 bo/ac) d'écart entre les zones à bas rendement et celles à haut rendement. Dans le cas du soya, cette différence peut atteindre 2,7 t/ha (40 bo/ac) et dans le blé, jusqu'à 5,4 t/ha (80 bo/ac).

#### Les sols diffèrent par les aspects suivants :

- teneur en minéraux, texture, fertilité, pH;
- matière organique : teneur et type;
- structure, aération, drainage, densité, capacité de rétention d'eau;
- épaisseur des horizons, position topographique;
- âge : degré d'altération, d'érosion et de déposition;
- profondeur :
  - du substratum rocheux;
  - de la nappe phréatique;
  - des changements de texture ou de structure.

La production agricole intensive contribue aussi à modifier la profondeur de la couche arable. L'érosion par le vent, l'eau et le travail du sol ont réduit la quantité de terre arable dans de nombreux champs. Il arrive que cette couche de sol se dépose dans d'autres sections du champ, augmentant la profondeur de terre arable à cet endroit; la couche arable peut également disparaître complètement de certaines zones. Certaines pratiques agricoles peuvent aussi accroître la variabilité des horizons pédologiques, notamment le chaulage, l'enlèvement

Tableau 8-1. Réservoirs de matière organique du sol

Propriété	Matière organique active du sol (matériaux vivants)	Matière organique modérément stable (matériaux non vivants)	Matière organique très stable (matériaux très décomposés)
Type de matériaux et activité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériaux vivants ou non vivants depuis peu.</li> <li>• Exemples de matériaux vivants : bactéries, champignons, algues, racines de plantes, insectes, vers de terre, etc., qui contribuent à la décomposition des résidus végétaux et du fumier.</li> <li>• Fournissent des éléments nutritifs ainsi que des composés qui facilitent la formation des agrégats.</li> <li>• Les matériaux non vivants depuis peu comprennent les organismes morts, les fumiers qui viennent d'être épandus, les anciennes racines de plantes et les résidus de cultures.</li> <li>• Source de nourriture pour les organismes du sol.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériaux organiques récemment décomposés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériaux parfois désignés sous le nom d'humus.</li> <li>• Activité pratiquement figée; l'humus fait partie intégrante du sol.</li> <li>• Ces matériaux s'accrochent à certains éléments nutritifs et se libèrent graduellement.</li> <li>• Peuvent diminuer les problèmes liés au drainage ou au compactage.</li> <li>• Peuvent améliorer la capacité de rétention d'eau dans les sols sableux.</li> </ul>
Stabilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dépend des façons culturales employées au fil des ans.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évolue durant l'équivalent d'une vie humaine.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déjà existante bien avant que le champ soit cultivé et persistera longtemps après que le producteur mette fin à ses activités.</li> </ul>
Pourcentage de matière organique du sol	10-15 %	40-45 %	40-45 %

des boisés en bordure des champs, les amas de compost ou de fumier ainsi que les épandages non homogènes de fumier.

### Qualité du sol

La qualité du sol est un indicateur de sa santé et de sa capacité à résister à l'érosion, au compactage et à d'autres stress, tout en maintenant une bonne productivité économique. Bon nombre de facteurs servent à évaluer la santé du sol.

Caractéristiques d'un sol sain :

- présente une bonne structure, résiste à l'encroûtement et a subi un minimum de compactage;
- contient des vers de terre en abondance;
- dégage une bonne odeur;
- décompose facilement les résidus;
- favorise le drainage, le mouvement de l'eau et possède une bonne capacité de rétention d'eau;
- favorise la levée de jeunes pousses et la croissance des racines;
- produit une culture dont la couleur et la croissance sont uniformes;
- présente des niveaux optimaux d'éléments nutritifs, de pH et de matière organique;
- n'a pas été très sujet à l'érosion éolienne, hydrique ou au travail du sol et peut y résister.

La plupart des caractéristiques d'un sol sain sont associées directement ou indirectement à la matière organique du sol.

### Matière organique

La matière organique du sol ne représente qu'une très petite partie du sol, mais elle y joue un rôle déterminant. L'apport

et le maintien d'une teneur adéquate en matière organique comportent plusieurs avantages, notamment :

- une hausse des rendements et une meilleure santé des cultures;
- une tolérance accrue des cultures à la sécheresse et à d'autres stress, comme les insectes et les maladies;
- une réduction des besoins d'engrais commerciaux et de chaux.

On distingue trois types de réservoirs de matière organique dans le sol. Voir le tableau 8-1, *Réservoirs de matière organique du sol*, sur cette page.

### Importance de la matière organique

La matière organique a des répercussions sur un grand nombre de propriétés du sol ainsi que sur la croissance des cultures. Les exemples qui suivent sont tous aussi importants les uns que les autres. Ainsi, la matière organique :

- Influence directement ou indirectement sur la disponibilité des éléments nutritifs puisés dans le sol et joue un rôle important dans le cycle de bon nombre d'éléments nutritifs;
- Améliore la capacité d'échange cationique (CEC) du sol qui adhère alors davantage aux ions positifs comme les ions calcium, potassium et magnésium, ce qui les rend assimilables par la culture; cette propriété est particulièrement importante dans les loams et les sables qui contiennent peu d'argile pour fournir les charges négatives capables de fixer les cations;
- Forme des acides organiques complexes au cours de la décomposition des matières organiques; ces acides se fixent aussi aux éléments nutritifs et contribuent à garder le fer, le zinc et le manganèse sous forme chélatée ou assimilable;
- Peut exercer un effet tampon sur le pH du sol en modérant les variations rapides de pH;

- Assombrit la couleur du sol, ce qui accélère son réchauffement au printemps;
- Contribue à stocker le carbone — le sol contient quatre fois plus de carbone (C) que les plantes;
- Accumule l'azote — presque tout l'azote du sol est sous forme organique. Les bactéries et les champignons transforment l'azote organique en nitrate et en ammonium, et ces formes d'azote peuvent être utilisées par les plantes;
- Contribue au cycle de l'eau en gardant le sol meuble et poreux, ce qui assure une meilleure pénétration de l'eau dans le sol. L'infiltration contribue davantage que le ruissellement à restaurer l'humidité du sol, par temps sec, et à réapprovisionner la nappe phréatique. Le processus accroit en retour la quantité d'eau accessible aux cultures par le sol, puisque ce dernier est en mesure d'en stocker davantage et que le volume du système racinaire augmente. Parallèlement, le drainage de l'excès d'eau dans le sol est amélioré;
- Aère le sol, en améliorant sa porosité, ce qui facilite la circulation de l'air dans le sol.

On a également démontré que la matière organique contribue à empêcher le phosphore de se retrouver sous une forme non assimilable par les plantes.

### Biologie du sol

Un sol sain est un milieu bien vivant. Les organismes qui s'y trouvent contribuent de très près à la santé du sol et des plantes. Le sol contient notamment des bactéries, des champignons, des algues, des protozoaires, des nématodes, des vers de terre, des insectes (fourmis, coléoptères, mille-pattes, etc.); il abrite aussi des animaux de plus grande taille (taupes, lapins, serpents, etc.) et contient des racines.

Rôles majeurs joués par les organismes du sol :

- Participent à la décomposition des résidus organiques et à leur incorporation dans le sol. À mesure que les matières organiques se décomposent, les éléments nutritifs deviennent disponibles aux plantes, puis l'humus et les agrégats du sol se forment;
- Créent des passages qui facilitent l'infiltration de l'eau et améliorent l'aération du sol;
- Contribuent à enfouir les résidus de surface plus profondément dans le sol;
- Participent à la fixation de l'azote;
- Contribuent à lutter contre les ennemis des cultures, comme les mauvaises herbes, les insectes nuisibles, les nématodes et les maladies;
- Stimulent la croissance racinaire grâce à des substances qu'ils sécrètent.

### Structure du sol

L'état optimum d'ameublissement du sol désigne une condition du sol propice à la croissance des cultures. Un sol meuble est poreux et l'eau peut y pénétrer facilement au lieu de ruisseler à la surface. L'eau est alors plus disponible pour les plantes et cause moins d'érosion. Un sol poreux permet à l'oxygène de circuler

entre le sol et les racines et facilite l'élimination du dioxyde de carbone, ce qui améliore la croissance des racines.

La formation des sols et de leur structure est étroitement liée à l'action des cycles gel/dégel et sec/humide, à la croissance des racines, au travail du sol et à la présence des animaux et des micro-organismes du sol.

La matière organique active du sol, les résidus en décomposition et la vie du sol jouent un rôle majeur dans la formation et le maintien de la structure du sol. La structure représente le mode d'assemblage des particules du sol avec l'argile, l'humus et les substances agglutinantes sécrétées par les organismes vivants et en décomposition. Pour qu'un sol conserve une bonne structure, c'est-à-dire qu'il présente un bon degré d'agrégation, il est nécessaire qu'il y ait un approvisionnement continu de matière organique, de racines de plantes vivantes et d'organismes du sol. Voir le tableau 8-2, *Types de structure du sol*, page suivante, qui décrit les différentes structures retrouvées couramment dans les sols.

### Compaction du sol

Le compactage du sol est défini comme l'augmentation de la densité apparente du sol et la réduction de son espace poral. Ce phénomène résulte de l'écrasement des particules du sol sous le poids de la machinerie et des animaux et sous l'impact des gouttes de pluie. L'emploi de matériel lourd, tel que des tracteurs, des moissonneuses et d'autres pièces de machinerie, en particulier pendant les travaux de printemps, peut compacter le sol, quel que soit le système de travail utilisé.

Un sol peu meuble possède une structure déficiente et des agrégats instables. Ces caractéristiques se traduisent par une augmentation du compactage, une réduction de l'aération du sol et de la rétention d'eau. Le passage de matériel lourd dans les champs peut causer beaucoup de compactage et avoir un effet négatif sur la biologie du sol. Une quantité moindre de pores de taille moyenne à grosse réduit l'espace dans le sol disponible pour l'air et pour l'eau ainsi que pour les populations d'organismes qui ont besoin de pores plus gros. On distingue trois types de compactage du sol : l'encroûtement (en surface), le compactage des semelles de labour et le compactage des horizons inférieurs. Voir le tableau 8-3, *Types de compactage du sol*, p. 141.

Les sols riches en matière organique et qui ont un bon drainage interne et une bonne structure sont moins vulnérables au compactage. Pour plus d'information, consulter le site Web du MAAARO à [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

### Ennemis du sol

La perte de matière organique, le faible niveau de populations d'organismes vigoureux et diversifiés et le compactage constituent les pires ennemis du sol.

Avec la mécanisation grandissante de l'agriculture, la réduction des intervalles entre les rotations et l'intensification de ces dernières, la qualité de bon nombre de sols en Ontario

Tableau 8-2. Types de structure du sol

Type		Caractéristiques
	<b>Absence de structure</b> <b>Structure particulière :</b> le sol se fragmente en particules individuelles (ex. : sables contenant peu de matière organique). <b>Structure compacte :</b> le sol se fragmente en grosses mottes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les sols qui présentent cette structure ont tendance à former une croûte, surtout s'ils contiennent beaucoup d'argile.</li> <li>• Cette structure offre peu de résistance à l'érosion éolienne et hydrique.</li> <li>• Les sols qui présentent cette structure sont compactés, les pores y sont peu nombreux, et la croissance des racines y est restreinte tout comme la circulation de l'eau.</li> </ul>
		
	<b>Structure granulaire</b> Le sol se fragmente en petits agrégats ou grumeaux.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ce type de structure, idéale en surface, s'observe habituellement dans la couche arable.</li> <li>• Cette structure est associée à une très bonne capacité de rétention d'eau et à une abondance de pores; elle favorise également la circulation de l'eau et la croissance des racines.</li> </ul>
	<b>Structure lamellaire</b> Les particules de sol s'agrégent en lamelles horizontales relativement fines.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ce type de structure s'observe souvent dans les premiers 8 cm (3 po) des sols qui n'ont pas été travaillés depuis longtemps. Le passage des coutres dans le champ broie les lamelles et la structure va devenir granulaire avec le temps.</li> <li>• On peut observer ce type de structure dans les horizons du sol compactés.</li> </ul>
	<b>Structure anguleuse</b> Les agrégats du sol sont de forme cubique ou irrégulière.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• On trouve couramment ce type de structure dans l'horizon B du sol.</li> <li>• Cette structure est propice à la croissance des racines, à une bonne aération du sol et au drainage.</li> </ul>
		
	<b>Structure colonnaire ou prismatique</b> Les particules de sol sont reliées entre elles de manière à former des prismes ou des piliers verticaux.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• On trouve généralement cette structure dans les horizons C des sols riches en argile. Les sections verticales entre les agrégats permettent la croissance des racines et le mouvement de l'eau.</li> </ul>

Tableau 8-3. Types de compactage du sol

Cause	Effet
<b>Encroûtement</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Les particules de sol, non protégées, se dispersent sous l'action des gouttes de pluie et forment une fine couche dense à la surface.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ce type de compactage favorise grandement le ruissellement et l'érosion hydrique.</li> <li>La surface devient étanche, ce qui réduit l'infiltration d'eau.</li> <li>Lorsque le sol est sec, une croûte dure se forme, ce qui risque de retarder ou d'empêcher la germination.</li> </ul>
<b>Compactage de la semelle de labour</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Le sol, érodé, est pauvre en matière organique.</li> <li>Le passage de machinerie lourde cause le compactage du sol.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'horizon est très dense, ce qui réduit l'infiltration de l'eau et la porosité du sol.</li> <li>La croissance racinaire peut être compromise.</li> </ul>
<b>Compactage des horizons inférieurs</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>La pression exercée par les disques ou la charrue sur le sol, sous la semelle de labour, entraîne le compactage des horizons inférieurs.</li> <li>La pression exercée par la machinerie lourde dont le poids est mal réparti provoque aussi le compactage du sol.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'écoulement de l'eau à travers l'horizon compacté est restreint.</li> <li>Il y aura peu de croissance racinaire dans l'horizon compacté, voire aucune.</li> </ul>

s'est détériorée depuis les quatre ou cinq dernières décennies. La dégradation est un phénomène qui guette les sols et elle est habituellement le résultat de l'érosion et de la diminution de leur teneur en matière organique. Il s'agit en quelque sorte d'un cercle vicieux. L'érosion accentue la perte de la couche arable, ce qui diminue par ricochet la quantité d'éléments nutritifs dans le sol. Le sol perdu entraîne avec lui des éléments nutritifs et la fertilité de la couche arable s'en trouve réduite. Du sol moins fertile provenant des horizons inférieurs est amené graduellement à la surface par les labours. La teneur en matière organique du sol diminue et ce dernier devient moins résistant à l'érosion. Le sol devient également plus vulnérable au compactage, lequel, en augmentant, contribue à réduire la porosité, ce qui diminue le mouvement de l'air et de l'eau dans le sol. Il s'ensuit un accroissement du ruissellement qui aggrave l'érosion. La teneur en matière organique continue de diminuer et le sol perd de sa capacité de rétention d'eau. Le cycle se poursuit, intensifiant le cercle vicieux de la dégradation du sol.

### Érosion du sol

L'érosion du sol constitue une grave menace pour la productivité des sols. Il est vrai que l'érosion des sols est un phénomène naturel, mais les pratiques culturales en ont tout de même accéléré le rythme. Dans les champs cultivés, l'érosion se manifeste par le détachement et le déplacement des particules de sol à l'intérieur du champ ainsi que vers l'extérieur de ce dernier; l'érosion a diverses conséquences, notamment :

- une diminution des rendements;
- une hausse des coûts de production;
- la dégradation de la couche arable;
- une augmentation du ruissellement et une réduction des réserves d'eau dans le sol.

On distingue trois types d'érosion du sol : l'érosion hydrique, l'érosion éolienne et l'érosion attribuable au travail du sol. L'érosion hydrique est le résultat de particules de sol non protégées qui se détachent et se déplacent sous l'action de l'eau. L'érosion éolienne

est occasionnée par le détachement et le mouvement de particules provoqués par les courants aériens ou le vent. L'érosion amenée par le travail du sol se produit lorsque le matériel utilisé déplace les particules en les soulevant et que ces dernières sont entraînées par gravité vers le bas des pentes. Pour plus d'information, consulter le fascicule *Les pratiques de gestion optimales : Gestion du sol*, commande n° BMP06F, et *Les pratiques de gestion optimales : Grandes cultures*, commande n° BMP02F.

### Évaluation de la santé du sol


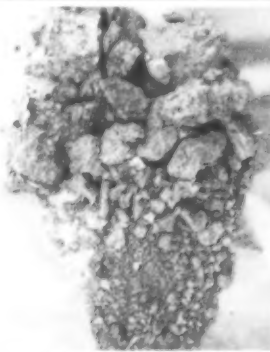
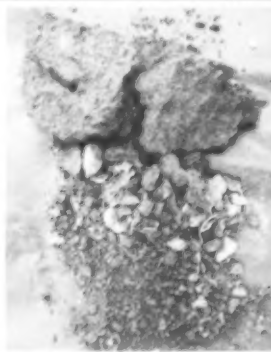
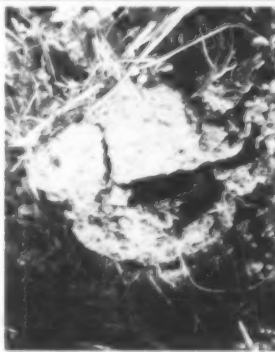
La première partie du présent chapitre a décrit de nombreuses notions de base sur les sols et leur gestion, en rapport avec leur productivité, notamment leur variabilité, leur qualité, la matière organique qui s'y trouve, leur biologie et leur structure. Il est sûrement utile de comprendre l'importance de ces propriétés, mais il est nécessaire aussi de pouvoir évaluer les répercussions des pratiques de gestion antérieures et actuelles sur le sol. Le tableau 8-4, *Évaluation de la santé du sol*, page suivante, présente un certain nombre de caractéristiques des sols ainsi que les techniques qui peuvent être utilisées pour évaluer ces dernières.

Le questionnaire sur la santé du sol qui se trouve sur le site Web du MAAARO à [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures), dans la section sur la *Gestion des sols*, présente une autre façon d'évaluer la santé du sol. Comme son nom l'indique, le questionnaire a pour objectif d'évaluer la santé du sol dans certains champs et de documenter l'évolution de l'état du sol avec le temps. Cet exercice permet de vérifier l'effet de pratiques de gestion précises dans le cadre des démarches entreprises pour protéger et améliorer la productivité agricole.

L'évaluation de la santé du sol dans chacun des champs et l'adoption de mesures pour la maintenir ou l'améliorer est un gage de productivité. La conservation des sols est un processus de longue haleine. Certaines pratiques sont faciles et relativement peu coûteuses à mettre en place, alors que d'autres exigent plus d'efforts et de détermination. Le reste de ce chapitre présente quelques pratiques visant à conserver ou améliorer la qualité des sols.



Tableau 8-4. Évaluation de la santé du sol

Importance des différentes caractéristiques du sol		Méthodes d'évaluation	
Structure du sol			
<ul style="list-style-type: none"><li>• L'eau circule facilement à travers un sol qui présente une bonne structure.</li><li>• Un sol qui a une bonne structure est très poreux (les espaces d'air sont abondants).</li><li>• Les racines peuvent pénétrer plus facilement dans les sols qui présentent une bonne structure.</li><li>• Les sols dont la couche arable possède une mauvaise structure vont s'encroûter, ce qui réduit la levée et ralentit la circulation de l'eau dans le sol.</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• À l'aide d'une pelle, bêcher une motte de terre de la largeur de la pelle à environ 15 cm (6 po) de profondeur.</li><li>• Soulever la motte avec la pelle.</li><li>• Lever la pelle jusqu'à hauteur de taille et laisser tomber la motte.</li><li>• Comparer la manière dont la motte se fragmente avec les photos ci-dessous.</li><li>• Comparer aussi les agrégats avec ceux des diagrammes et des photos du tableau 8-2, <i>Types de structure du sol</i>, p. 140.</li></ul>	
			
Bonne condition	Condition moyenne	Mauvaise condition	Motte de terre soulevée

**Compaction du sol**

- Limite la circulation de l'air et de l'eau dans le sol.
- Restreint la croissance des racines, ce qui réduit la capacité des plantes à absorber l'eau et à assimiler les éléments nutritifs.
- Réduit la taille des pores.



- Repérer les parcelles qui sont susceptibles de présenter des problèmes de compactage.
- Attendre que le sol soit humide et enfoncer une sonde à tuyau ou une tige flexible dans la zone affectée, à une profondeur de 50 cm (20 po). Refaire l'exercice en bordure du champ ou dans une zone non affectée et comparer les résultats.
- Introduire lentement la tige dans le sol à un rythme constant.
- Les bras légèrement pliés agissent comme une jauge de pression et permettent de mesurer la force nécessaire pour pousser l'extrémité de la sonde dans le sol.
- Noter à quelle profondeur il devient nécessaire d'intensifier la pression pour enfoncer davantage l'extrémité de la tige dans le sol. Ce sont peut-être des zones que les racines ne pourront pénétrer.
- Avec une pelle, déterrer les plants dans la zone affectée et en examiner les racines. Les comparer à celles de plants sains d'une zone non affectée. Dans la zone de compactage, les plants auront des racines difformes ou plus frêles. Le système racinaire devrait être concentré dans les 10 à 20 premiers centimètres de sol (4-8 po).

**Note :** Il faut que les teneurs en humidité soient similaires dans les zones où l'on mesure le compactage au moyen d'une sonde pour que l'on puisse comparer les résultats.

**Matière organique du sol**

- La matière organique joue un rôle majeur dans la structure, le recyclage des éléments nutritifs, le cycle des éléments nutritifs et la capacité de rétention d'eau du sol, et peut donc avoir des répercussions importantes sur le développement des cultures.
- Les échantillons de sol prélevés pour le dosage des éléments nutritifs à une profondeur de 15 cm (6 po) peuvent aussi servir pour le dosage de la matière organique.
- Prélever des échantillons conformément aux instructions données à *Prélèvement des échantillons*, page 156, ou dans des sections du champ susceptibles de présenter des problèmes.
- On peut aussi faire analyser des échantillons de sol prélevés en bordure de champ ou dans les boisés, à des fins de comparaison.
- Pour plus d'information, voir les rubriques *Matière organique*, page 138, et *Apport de matière organique (résidus)* page 144.

Tableau 8-4. Évaluation de la santé du sol

Importance des différentes caractéristiques du sol	Méthodes d'évaluation
<b>Couleur du sol</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>La couleur de la surface du sol (pour une même teneur en humidité) dans le champ est un indicateur visuel de la teneur en matière organique du sol.</li> <li>La présence de sol plus pâle sur les côtés d'une butte dans un champ peut révéler une diminution de la couche arable en raison de l'érosion causée par le travail du sol.</li> <li>Le travail du sol sous la couche arable ramène de la matière organique provenant des horizons inférieurs du sol, ce qui explique la couleur plus pâle de la terre à ces endroits.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vérifier si la couleur du sol dans le champ est relativement uniforme.</li> <li>En général, plus le sol est foncé, plus sa teneur en matière organique est élevée (au même degré d'humidité).</li> <li>Les secteurs d'un champ qui étaient anciennement des zones humides seront habituellement plus foncés, car la matière organique y était probablement plus abondante avant qu'ils soient drainés.</li> </ul>
<b>Biologie du sol</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Les organismes vivants du sol favorisent la décomposition de la matière organique et le recyclage des éléments nutritifs. Ces organismes ont un effet sur la circulation de l'eau dans le sol; influent sur la structure du sol.</li> <li>Un sol dépourvu d'organismes vivants ne sera pas productif.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compter le nombre de gros orifices créés par les vers de terre (voir les amoncellements sur la photo à l'extrême gauche) dans un mètre carré; on peut conclure que le sol contient une bonne population de vers de terre lorsqu'on dénombre 10 orifices ou plus par mètre carré.</li> <li>On peut estimer la population de petits vers de terre en prenant une pellette de terre que l'on fragmente.</li> <li>L'odeur du sol peut également être un indicateur d'une saine présence d'organismes vivants dans le sol. Une douce odeur d'humus est un bon signe, ce qui n'est pas le cas cependant d'une odeur de marécage.</li> <li>Pour plus d'information à ce sujet, voir <i>Biologie du sol</i>, page 139.</li> </ul>
	
<b>Drainage</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Le drainage peut avoir des conséquences sur le calendrier des activités culturales, l'érosion du sol, la croissance des racines et la quantité d'air dans le sol.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Au printemps, examiner le champ afin de savoir s'il se draine rapidement et si le sol est réchauffé et prêt à être travaillé.</li> <li>Observer la culture pour déterminer si un excès d'humidité réduit les rendements, sauf durant les saisons humides.</li> </ul>
<b>Capacité de rétention d'eau</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>La capacité de rétention d'eau représente l'humidité qui est disponible à la croissance des cultures.</li> <li>Une bonne capacité de rétention d'eau réduit le stress subi par la plante durant les périodes sèches.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Observer le champ afin de vérifier que le sol garde bien son humidité.</li> <li>Observer les cultures pour voir si les plantes perdent de leur vigueur durant les épisodes de sécheresse modérée.</li> </ul>
<b>Développement de la culture</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Si le manque de vigueur de la culture n'est pas attribuable aux insectes nuisibles, aux maladies, aux mauvaises herbes, aux conditions climatiques ni à d'autres circonstances, il peut alors s'agir d'un problème lié au sol.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Examiner la culture au champ, surtout avant le stade de reproduction. Tenter de repérer les différences dans les stades de croissance et les couleurs.</li> <li>La culture devrait être vert foncé, et la croissance devrait être rapide et relativement uniforme.</li> <li>Des cartes de rendement sont également des indicateurs valables des différences dans le rythme de développement des plantes à l'intérieur d'un champ.</li> </ul>
<b>Croissance des racines</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Une faible croissance racinaire qui n'est pas causée par des insectes ou des maladies est probablement attribuable à un problème de sol.</li> <li>Les racines des plantes se ramifient largement dans le sol, à la recherche d'eau et d'éléments nutritifs essentiels à la croissance des plantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bêcher soigneusement pour retirer les racines.</li> <li>Les racines devraient normalement être réparties de manière uniforme.</li> <li>Les racines blanches sont vivantes.</li> <li>Les racines vont croître vers le bas et à angle de la base du plant, plus ou moins en droite ligne.</li> <li>Les racines qui bifurquent soudainement se sont probablement heurtées à une zone compactée.</li> <li>Le compactage du sol freine aussi la croissance des racines; le système racinaire s'en trouve restreint ou alors il se développe plus près de la surface.</li> </ul>
	
<b>Teneur en éléments nutritifs</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Une teneur satisfaisante en éléments nutritifs ainsi qu'un pH adéquat sont essentiels à la bonne croissance des cultures.</li> <li>Il est très important de faire analyser le sol pour connaître sa teneur en éléments nutritifs et de corriger ainsi les carences observées.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pour des informations sur l'échantillonnage du sol et des tissus végétaux, ainsi que sur les méthodes pour corriger les carences, voir le chapitre 9, <i>Fertilité du sol et doses d'éléments nutritifs</i>.</li> </ul>

**Tableau 8-5.** Effets des différentes pratiques de gestion sur les gains et les pertes de matière organique

Pratique de gestion	Gains/ hausse	Pertes/ baisse
Apport de matière organique qui ne provient pas du champ (fumiers, composts, autres matières organiques)	Oui	Non
Meilleure gestion des résidus de culture	Oui	Non
Utilisation, dans les rotations, de cultures produisant beaucoup de résidus	Oui	Non
Utilisation de prairies (fourrages de graminées et de légumineuses) dans les rotations	Oui	Oui
Utilisation de cultures couvre-sol	Oui	Oui
Réduction de l'intensité du travail du sol	Oui/Non <sup>1</sup>	Oui
Recours à des méthodes de conservation du sol qui réduisent l'érosion	Oui/Non <sup>1</sup>	Oui

Source : *Building Soils for Better Crops*, (Magdoff) SARE Outreach, [www.sare.org](http://www.sare.org)

<sup>1</sup> Cette pratique culturale peut hausser les rendements, ce qui augmente la quantité de résidus.

## Pratiques recommandées pour obtenir un sol sain

Une gestion efficace de la matière organique du sol est fondamentale pour la santé du sol. Comme on l'a mentionné plus haut, on distingue trois réservoirs de matière organique dans le sol : la matière organique active, la matière modérément stable et la matière très stable. C'est sur la portion active que la gestion de la matière organique a le plus d'effet. Les réserves de matière organique dans le sol fluctuent sans cesse. Si l'apport de matière organique dans le sol est supérieur aux pertes, la teneur en matière organique du sol augmente. Lorsque les pertes excèdent les gains, les quantités de matière organique diminuent. Le tableau 8-5, *Effets des différentes pratiques de gestion sur les gains et les pertes de matière organique*, sur cette page, décrit un certain nombre de pratiques et leurs effets sur la matière organique du sol.

Il importe de se rappeler que le sol et sa gestion font partie d'un système global de production des cultures. Le sol constitue l'élément central sur lequel repose l'écosystème agricole. Tout changement apporté avec les années au système de production des cultures a des effets à long terme sur tous les autres systèmes. Si l'on prend des mesures pour améliorer la qualité du sol, il faut réfléchir à ces changements et à la façon dont ils pourraient influencer d'autres composantes du système de production.

## Apport de matière organique (résidus)

L'apport de résidus organiques est la seule méthode qui augmente avec certitude la teneur en matière organique du sol. Les sols bien aérés, comme les sables, décomposent rapidement les résidus, ce qui y rend difficile l'accumulation de matière organique. Les sols plus riches en argile décomposent plus lentement les résidus; il en faut donc moins pour maintenir ou augmenter la teneur en matière organique de ces sols.

**Tableau 8-6.** Pourcentage de matière organique recherché selon la texture du sol

Texture du sol	Teneur visée	Teneur visée pour une stabilité maximale des agrégats
Sable et loam sableux	4	3
Loam et loam limoneux	4-5	4
Loam argileux	4-5	7
Argile	4-6	9

Source : Plan agro-environnemental de l'Ontario.

L'apport de différents types de résidus, notamment sous forme de fumier, de résidus de culture, de composts, de cultures de couverture ou de biosolides, favorise la diversité des organismes présents dans le sol. La teneur souhaitable en matière organique dans le sol dépend de la texture et du degré de stabilité des agrégats recherché. Le tableau 8-6, *Pourcentage de matière organique recherché selon la texture du sol*, sur cette page, présente les teneurs souhaitables en matière organique pour les différentes textures. Ces chiffres représentent le pourcentage recherché de matière organique du sol en vue d'améliorer sa productivité. Les teneurs visant à obtenir la stabilité maximale des agrégats sont tirées de la publication *La santé de nos sols* (AAC, Ottawa) et servent à établir quel pourcentage de matière organique du sol donnerait aux agrégats la meilleure résistance à l'érosion hydrique.

## Fumier

Le fumier de bétail constitue une excellente source de matière organique pour le sol. L'épandage de fumier comporte aussi d'autres avantages, notamment une plus grande diversité des organismes dans le sol, une intensification de leur activité et une amélioration de la structure. Voir le tableau 8-7, *Effets de l'apport de fumier pendant 11 ans sur la teneur en matière organique*, page en regard.

Voici certains points dont il faut tenir compte lorsqu'on ajoute de la matière organique sous forme de fumier :

- Le fumier apporte non seulement de la matière organique, mais des éléments nutritifs. Se référer aux renseignements fournis au tableau 9-8, *Quantités moyennes d'azote, de phosphate et de potasse biodisponibles selon la source d'éléments nutritifs organiques*, page 164, afin d'éviter d'épandre trop d'éléments nutritifs, qui pourraient se retrouver inutilement dans l'environnement.
- La teneur en matière organique varie selon le type de fumier. Habituellement, l'apport de matières solides dans le sol est supérieur dans le cas du fumier solide que du fumier liquide. Le fumier solide de bovins (ruminants) contiendra plus de fragments de fourrages et de litière que le fumier liquide. Voir la liste des types de fumier courants et de leur teneur en matière sèche au tableau 9-8, page 164.
- Le taux d'épandage a également un effet sur la quantité de matière organique qui sera ajoutée au sol.
- Les fumiers solides contiennent normalement plus de lignine (provenant des fourrages et de la litière), ce qui aura un effet à plus long terme sur la matière organique que le fumier de volailles, par exemple, qui est exempt de litière.
- Épandre le fumier en évitant de compacter le sol.

**Tableau 8-7. Effets de l'apport de fumier pendant 11 ans sur la teneur en matière organique**

	Dose d'épandage (t.c./ac/an)			
	Nulle	10 t.c.	20 t.c.	30 t.c.
Matière organique (%)	4,3	4,8	5,2	5,5

Source : *Building Soils for Better Crops*, (Magdoff) SARE Outreach, [www.sare.org](http://www.sare.org)

**Note** : La teneur initiale en matière organique était de 5,2 %. L'étude a été réalisée dans une monoculture de maïs à ensilage, en sol argileux, et le fumier provenait de bovins laitiers. L'épandage a également amélioré le degré d'agrégation du sol et la quantité de pores.

Pour plus de détails sur la teneur en éléments nutritifs du fumier, voir *Gestion des fumiers*, page 163.

## Compost

La matière organique peut aussi être ajoutée sous forme de compost. Les composts contiennent des quantités relativement faibles d'éléments nutritifs rapidement assimilables, qui le deviennent cependant avec le temps. Le compostage ne décompose qu'en partie la matière organique dont les composants une fois dans le sol sont, par conséquent, plus résistants que ceux du fumier frais. Le compost ne devrait pas être l'unique source de matière organique du sol, car les résidus frais sont également bénéfiques pour le sol. Ces derniers stimulent habituellement davantage que les composts la production des substances cohésives qui retiennent les agrégats ensemble. Tout comme dans le cas du fumier, il est important de réduire au minimum le compactage au moment de l'épandage et d'éviter les apports excessifs d'éléments nutritifs.

Avantages du fumier et des autres matières organiques compostées :

- Aide à stabiliser les éléments nutritifs;
- Réduire les quantités à épandre (le volume d'épandage peut être réduit de 30–60 %);
- Donne un produit final qui dégage une meilleure odeur.

## Autres matières organiques Biosolides d'épuration

Les biosolides d'épuration, comme les fumiers, constituent une autre source de matière organique et d'éléments nutritifs pour les exploitations agricoles. En tant que matière réglementée, les biosolides d'épuration doivent être conformes à certaines normes environnementales en matière de qualité, de salubrité alimentaire et de santé humaine. On peut se procurer des biosolides d'épuration pour épandre sur des terres agricoles dans bon nombre de régions de la province. Les doses d'épandage sont basées sur les résultats des analyses de sol pour le champ en question ainsi que sur les besoins de la culture en éléments nutritifs. La quantité de matière organique épandue dépend des doses utilisées et du type de biosolide.

Comme pour toute activité effectuée sur une terre agricole, il faut d'abord s'assurer, avant d'épandre des biosolides d'épuration, que le sol est en mesure de les recevoir, afin d'éviter le compactage. Travailler de concert avec la personne chargée de l'épandage afin que ce dernier soit réalisé à un moment convenable pour le système de production de l'exploitation.

Pour plus d'information sur les biosolides, consulter le site Web du MAAARO à [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

## Autres matières de source agricole et de source non agricole

Plusieurs autres sortes de matières organiques peuvent être épandues sur les sols en vue d'accroître leur teneur en matière organique. Il est utile de connaître la teneur en matière sèche et en éléments nutritifs des produits à épandre pour calculer les doses d'épandage et obtenir un aperçu de la quantité de matière organique qui est ajoutée. Il est également important de connaître le ratio carbone-azote de la matière afin d'évaluer les effets potentiels de cet apport sur la disponibilité de l'azote. Lorsqu'on calcule la dose d'épandage, on doit tenir compte de la quantité réelle de matière ajoutée et des répercussions de cet apport sur le reste du système cultural.

## Épandage de matières organiques

L'épandage de matières organiques a pour but d'accroître la teneur en matière organique du sol et d'y ajouter des éléments nutritifs. Pour obtenir des résultats optimaux tout en protégeant l'environnement, il importe d'examiner au préalable certains points relatifs aux méthodes d'épandage. Voir l'encadré *Points à examiner avant d'épandre des matières organiques*.

### Points à examiner avant d'épandre des matières organiques

#### Faut-il incorporer les matières?

- Incorporer immédiatement ou le plus tôt possible les matières épandues qui dégagent une odeur.
- Incorporer les matières qui contiennent de l'azote sous forme d'ammonium dès que possible, afin de réduire les pertes d'azote.
- L'incorporation peut être obligatoire en vertu du certificat d'autorisation ou d'un règlement.
- Incorporer les matières riches en éléments nutritifs qui sont épandues sur les terrains en pente ou sur les plaines inondables, afin de prévenir les pertes.
- Laisser à la surface du sol les matières qui ne répondent pas aux critères décrits plus haut, afin de protéger le sol. Les vers de terre et les autres organismes du sol vont contribuer à décomposer et incorporer ces matières.

#### À quel point doit-on incorporer la matière organique dans le sol?

- L'incorporation de matières organiques accompagnée d'un travail excessif du sol expose ce dernier à l'érosion et réduit ou élimine les avantages associés à leur apport.
- Un travail minimal du sol suffit pour incorporer la plupart des matières organiques. Il est habituellement préférable d'incorporer une partie des matières et de laisser le reste à la surface.
- L'incorporation par retournement du sol au moyen d'une charrue à versoirs laisse une couche de matière organique à la profondeur du labour, qui ne se décomposera pas vraiment et peut affecter la circulation de l'eau dans le sol.



Tableau 8-8. Cultures couvre-sol recommandées en fonction des besoins

Fonction des cultures couvre-sol	Cultures couvre-sol recommandées
Production d'azote	Legumineuses : trèfle rouge, pois, vesce.
Prélèvement d'azote	Prélèvement à l'automne : radis oléagineux et autres brassicacées, avoine. Prélèvement en hiver et au printemps : seigle, blé d'automne.
Lutte contre les mauvaises herbes	Plantes à croissance rapide qui donnent de l'ombrage : radis oléagineux et autres brassicacées, seigle d'automne, sarrasin.
Contribution à la structure du sol	Graminées : avoine, orge, seigle, blé, triticale, ray-grass ou plantes à racines fasciculées comme le trèfle rouge.
Réduction du compactage	Racines pivotantes vigoureuses qui croissent avec le temps : luzerne, mélilot.
Retour de biomasse dans le sol	Semis d'automne : avoine, radis oléagineux. Semis d'été : millet, sorgho, sorgho herbacé, sorgho-Soudan.
Protection contre l'érosion (éolienne et hydrique)	Seigle d'automne, blé d'automne, ray-grass (bien établi), céréales de printemps semées tôt.
Culture fourragère d'urgence	Automne : avoine, orge, blé, seigle, brassicacées fourragères. Été : millets, sorgho, sorgho herbacé, sorgho-Soudan.
Élimination des nématodes	Moutarde Cutlass, sorgho-Soudan (Sordan 79, Trudan 8,) millet perlé (CFPM 101), souci (Crackerjack, Creole), radis oléagineux (Adagio, Colonel). <b>Ce ne sont pas toutes les cultures de couverture qui peuvent éliminer les populations de nématodes. Certaines sont même des plantes-hôtes. Il existe des interactions précises entre le type de couvre-sol et l'espèce de nématode. Pour être plus efficaces, les cultures couvre-sol doivent être exemptes de mauvaises herbes et peuvent exiger certaines méthodes d'entretien.</b>

## Couvre-sol

Bon nombre de producteurs de l'Ontario ont souvent recours aux cultures de couverture pour améliorer l'état de leur sol. Il existe de nombreuses raisons de faire pousser des cultures couvre-sol, mais il est souvent difficile d'attribuer un avantage économique précis à cette pratique. Les cultures couvre-sol représentent une composante importante des programmes de conservation des sols, surtout dans le cas des sols légers qui sont plus pauvres en matière organique, dans les champs où l'intervalle entre les rotations est court, ou encore aux endroits où l'apport de matière organique par les résidus de culture ou le fumier est faible. Il est important, quand on sème une culture couvre-sol, de choisir celle qui est susceptible de mieux répondre à l'objectif qu'on s'est donné. Le tableau 8-8, *Cultures couvre-sol recommandées en fonction des besoins*, sur cette page, décrit diverses raisons d'inclure des cultures couvre-sol dans les rotations et dresse la liste des cultures en fonction des objectifs.

## Choix d'une culture couvre-sol

Il existe souvent plusieurs choix de cultures couvre-sol pour un objectif donné. Choisir la culture la mieux appropriée aux besoins de l'exploitation et au style de gestion utilisé. Le tableau 8-9, *Choix d'une culture couvre-sol*, page en regard, fournit des exemples de questions à se poser avant de choisir le couvre-sol à cultiver.

## Caractéristiques des cultures couvre-sol

On trouvera au tableau 8-10, *Caractéristiques des couvre-sol cultivés en Ontario*, p. 148, des renseignements sur les couvre-sol les plus cultivés. Pour plus de renseignements sur certaines graminées ou légumineuses utilisées comme couvre-sol, voir le chapitre 3, *Cultures fourragères*.

## Graminées

Les graminées ont des racines fines et fasciculées, bien adaptées pour retenir le sol en place et pour en améliorer la structure. Les espèces de graminées qui conviennent comme culture de couverture ont une croissance rapide et sont relativement faciles à détruire, de façon chimique, de façon mécanique ou par le gel. Les graminées ne fixent pas l'azote atmosphérique, mais peuvent entreposer d'importantes quantités d'azote tirées du sol.

On classe souvent les graminées selon qu'il s'agit de graminées cespitueuses (en touffe) ou de graminées rampantes. Les graminées cespitueuses n'ont habituellement pas de rhizomes ou de stolons, mais un simple système racinaire soutenant le plant. Par contre, les graminées rampantes sont dotées de rhizomes ou de stolons; elles ont la capacité de produire de nouvelles tiges à partir des nœuds qui s'y trouvent, ce qui permet à ce type de graminées de se propager et de former une pelouse.

## Céréales de printemps

Les céréales de printemps conviennent bien aux semis effectués à la fin de l'été ou au début de l'automne. Sous des conditions de croissance favorables, ce sont les céréales de printemps qui produisent la plus grande quantité de biomasse; elles sont donc des cultures de choix pour l'alimentation animale ou les cultures couvre-sol. Une fois bien établies, les céréales de printemps sont relativement tolérantes au gel. Éviter de les semer tard l'automne, car leur croissance sera décevante.

## Céréales d'automne

Les céréales d'automne sont des cultures couvre-sol très polyvalentes. On peut les semer en été et elles vont taller et s'étendre, car elles ont besoin d'une vernalisation (période de froid) avant la reproduction; on peut aussi les semer à l'automne comme culture couvre-sol. Les céréales d'automne survivent généralement bien à l'hiver et offrent une protection contre l'érosion hivernale et printanière. Ces graminées peuvent être utilisées comme brise-vent au printemps,



Tableau 8-9. Choix d'une culture couvre-sol

Points à considérer	Remarques
Caractéristiques de croissance	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quels sont les besoins liés aux caractéristiques de croissance?</li> <li>• Quand la croissance est-elle nécessaire? C'est-à-dire a-t-on besoin d'une croissance vigoureuse de fin d'automne ou croissance rapide de début de printemps?</li> <li>• Faut-il un système racinaire profond?</li> </ul>
Survie hivernale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La culture couvre-sol doit-elle survivre à l'hiver?</li> <li>• La culture couvre-sol convient-elle au type de sol et au calendrier de production si elle est détruite par le gel et asséchée à l'arrivée du printemps?</li> </ul>
Méthodes de lutte possibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La culture couvre-sol peut-elle se transformer en mauvaise herbe?</li> <li>• Comment la maîtriser?</li> <li>• Quels choix s'offrent pour la lutte?</li> </ul>
Sensibilité aux herbicides	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La culture couvre-sol est-elle sensible aux résidus d'herbicides appliqués sur les autres cultures utilisées?</li> </ul>
Coût et disponibilité de la semence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quel est le coût de la semence? Cette dernière est-elle disponible dans la région?</li> </ul>
Établissement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quelle est la meilleure façon d'effectuer les semis?</li> <li>• Faut-il du matériel différent?</li> <li>• La culture est-elle facile à planter?</li> <li>• Peut-elle créer une couverture dense?</li> <li>• Le succès de la culture est étroitement lié à la réussite de son établissement.</li> </ul>
Gestion des éléments nutritifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produit-elle de l'azote ou exige-t-elle de l'azote pour sa croissance?</li> <li>• Quel est son cycle de l'azote et à quelle période l'azote est-il libéré?</li> <li>• Est-elle efficace pour capter l'azote dans le sol?</li> </ul>
Lutte contre les ravageurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• À quelle famille appartient la culture couvre-sol?</li> <li>• Appartient-elle à la même famille que d'autres cultures comprises dans la rotation?</li> <li>• Peut-elle amener des problèmes de ravageurs?</li> </ul>

comme paillis, ou être fauchées tôt en vue de réduire au minimum les résidus en place au moment de la plantation.

### Graminées de saison chaude

Les graminées de saison chaude comme le sorgho et le millet conviennent mieux aux semis en sols plus chauds, effectués à la fin juin, en juillet et au début d'août. Ils sont très sensibles au gel. Les racines sont très ramifiées et les parties aériennes sont luxuriantes. Il faudra tondre ces graminées afin de garder les tiges souples et prévenir l'épiaison. Ne pas tondre plus court que 15 cm (6 po) afin de permettre la repousse. Il pourra être nécessaire d'ajouter une certaine quantité d'azote pour obtenir une meilleure croissance.

### Légumineuses (dicotylédones)

Les couvre-sol de légumineuses peuvent fixer l'azote atmosphérique et fournir ainsi de l'azote à la culture suivante. Les légumineuses vont assimiler l'azote résiduel du sol ou l'azote du fumier. Leur efficacité à prélever l'azote du sol équivaut à 80 % de celle des non légumineuses. Les légumineuses protègent aussi le sol de l'érosion et sont une source de matière organique. La quantité d'azote qu'elles fixent varie selon les espèces. En général, toutefois, plus les parties aériennes de la plante sont développées, plus elle fixe d'azote. Certaines espèces de légumineuses, comme la luzerne et le mélilot, ont des racines pivotantes vigoureuses qui peuvent réduire le compactage des horizons inférieurs du sol, mais uniquement après plus d'une année de croissance.

### Dicotylédones non légumineuses

Les dicotylédones non légumineuses ne peuvent pas fixer l'azote atmosphérique, mais elles peuvent en prélever de grandes

quantités du sol. La plupart de ces cultures ne sont pas rustiques; il n'est donc pas nécessaire normalement d'avoir recours à des méthodes de lutte additionnelles pour les éliminer par la suite. On ne doit pas les laisser monter en graines, puisque les repousses peuvent entraîner d'importants problèmes de désherbage.

### Nouvelles cultures couvre-sol

Chaque année, de nouvelles cultures couvre-sol sont mises à l'essai. Ces espèces proviennent souvent de différentes régions du globe et ne sont pas nécessairement adaptées aux conditions de croissance de l'Ontario. Pour plus d'information sur les nouvelles espèces de couvre-sol ou les espèces déjà connues, voir le site Web du MAAARO à [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures), ou le site du Midwest Cover Crop Council à [www.mccc.msu.edu/](http://www.mccc.msu.edu/).

### Rotation des cultures

La rotation des cultures fait partie intégrante de tout système de production des cultures. Le principal avantage de la rotation des cultures est de faire augmenter les rendements. Des rotations bien planifiées favorisent la lutte contre les ennemis des cultures et permettent de maintenir ou d'améliorer la structure du sol et sa teneur en matière organique. Une plus grande diversité de cultures permet de mieux lutter contre les mauvaises herbes et de mieux répartir la charge de travail; elle réduit aussi le risque d'érosion. La valeur des cultures de légumineuses utilisées dans les rotations est à la hausse en raison du coût plus élevé de l'azote. Des recherches, ainsi que l'expérience, ont démontré qu'une bonne rotation des cultures fournit des rendements plus constants, renforce la structure du sol et peut augmenter la rentabilité.

Tableau 8-10. Caractéristiques des couvre-sol cultivés en Ontario

Espèce	Taux de semis kg/ha	Époque habituelle des semis	Temp. min. de germination °C	Fixation ou prélèvement (F ou P) <sup>1</sup>	Survie hivernale	Aide à la structure du sol	Aide à la lutte contre les mauvaises herbes	Possibilité d'utilisation en pâturage	Rapidité de croissance	Racines
<b>Graminées</b>										
Céréales de printemps	100-125	Mi-août et sept.	9	P	Détruites par le gel intense	Bonne	Bonne	Très bonne	Très rapide	Fasciculées
Ble d'automne	100-130	Sept. et oct.	3	P	Très bonne	Bonne	Bonne	Très bonne	Rapide	Fasciculées
Seigle d'automne	100-125	Sept. et oct.	1	P	Très bonne	Très bonne	Très bonne	Très bonne	Très rapide	Fasciculées
Sorgho-Soudan	50	Juin à août	18	P	Détruit par le gel	Bonne	Bonne / moyenne	Très bonne	Très rapide	Robustes Fasciculées
Millet perlé	4	Juin à août	18	P	Détruit par le gel	Bonne	Bonne/ moyenne	Bonne	Rapide	Robustes Fasciculées
Ray-grass	12-18	Avril et mai ou début août et début sept.	4,5	P	L'annuel et l'Italien survivent en partie; le vivace survit.	Très bonne	Moyenne/ faible	Bonne	Lent à s'établir	Fasciculées
<b>Dicotylédones légumineuses</b>										
Vesce velue	20-30	Août	15,6	F/P	Oui	Bonne	Moyenne/ faible	T <sup>2</sup>	Lent à s'établir	Pivotantes, et racines secondaires fasciculées
Trèfle rouge	8-10	Mars-avril	5	F/P	Oui	Bonne	Moyenne	T <sup>2</sup>	Lent à s'établir	Pivotantes faibles Fasciculées
Melilot	8-10	Mars-avril	5,5	F/P	Oui	Bonne	Moyenne	T <sup>2</sup>	Lent à s'établir	Pivotantes robustes
Soya	40-50	Août	8	F/P	Détruit par le gel	Faible	Bonne/ moyenne	T <sup>2</sup>	Rapide	Pivotantes
Petits pois	40-100	Août	5	F/P	Détruits par le gel intense	Faible	Bonne/ moyenne	T <sup>2</sup>	Rapide	Pivotantes faibles / Fasciculées
<b>Dicotylédones non légumineuses</b>										
Sarrasin	50-60	Juin à août	10	P	Détruit par le premier gel	Faible	Très bonne	Faible	Rapide	Pivotantes faibles/ Fasciculées
Radis oléagineux	10-14	Mi-août à début sept.	7	P	Détruit par le gel intense	Moyenne	Très bonne	Bonne	Rapide	Pivotantes moyennes
Autres brassicacées, comme le radis fourrager	Selon les espèces	Mi-août à début sept.	5-7	P	Selon les espèces; plusieurs détruites par le gel intense.	Moyenne	Très bonne	Bonne	Rapide	Pivotantes moyennes

100 kg/ha = 90 lb/ac

<sup>1</sup> Le radis oléagineux, le sarrasin et les graminées ne fixent pas l'azote atmosphérique, mais ils captent l'azote du sol et du fumier.

<sup>2</sup> Les légumineuses de la famille du trèfle représentent des cultures de choix pour l'alimentation animale et les pâturages, mais une ration constituée uniquement de légumineuses peut causer le météorisme.

Toute rotation des cultures repose sur la règle de base suivante : la même culture ne devrait jamais se succéder à elle-même. La monoculture peut déboucher sur l'accumulation des maladies et la prolifération des insectes nuisibles propres à cette culture, et réduire les rendements. L'effet est plus grand si la culture a été répétée plus souvent. Par exemple, il est de plus en plus répandu

de cultiver le soya deux années de suite et plus. Il se peut que la plus grande conséquence de plusieurs années successives de cultures de soya ait été la propagation à un rythme accéléré du nématode à kyste du soya (NKS). Pour plus de renseignements et des données sur les baisses potentielles de rendement, voir *Nématode à kyste du soya*, p. 235. Le nombre croissant d'années

**Tableau 8-11. Effet de la rotation sur le rendement du maïs**

Rotation <sup>1</sup>	Rendement en grains <sup>2</sup>	
	Loam (1990-1995)	Loam argileux (1990-1993)
	t/ha (bo/ac)	
Monoculture de maïs	8,84 (141)	6,59 (105)
Soya-maïs	9,78 (156)	7,40 (118)
Soya-blé-maïs	9,47 (151)	7,90 (126)
Soya-blé (TR) <sup>3</sup> -maïs	10,23 (163)	8,47 (135)
Soya-blé (TR)-TR <sup>3</sup> -maïs	10,35 (165)	8,28 (132)

Source : Vyn, Université de Guelph

<sup>1</sup> Sur un loam Toledo près de Chatham, Ontario, et sur un loam argileux Brookston près de Maidstone, Ontario.

<sup>2</sup> Les 11 parcelles de maïs ont été fertilisées avec 179 kg/ha (160 lb/ac) d'azote.

<sup>3</sup> Le blé a été contre-ensemencé de trèfle rouge. « Blé (TR)-TR » signifie que le trèfle rouge n'a pas été enfoui, mais récolté pour la semence l'année suivante, puis enfoui à l'automne.

de culture du soya dans la rotation augmente également la sensibilité à l'érosion des sols de l'Ontario.

En fait, dans les rotations maïs-soya, la structure des sols peut se révéler plus pauvre que celle des sols de monoculture de maïs. Par exemple, une étude récente a démontré que l'érosion qui suit un grave orage de juin la première année de la culture de maïs suivant deux années de soya est deux fois plus importante qu'après du maïs, du blé contre-ensemencé de trèfle rouge ou de la luzerne. Une structure du sol relativement médiocre après deux ans de culture de soya augmente non seulement la sensibilité à l'érosion, mais réduit aussi la porosité du sol, ce qui nuit à l'infiltration de l'eau de pluie. Cette infiltration réduite augmente à son tour le risque d'érosion, de formation de flaques d'eau ou de manque d'humidité dans le sol ou les deux, autant de conséquences pouvant nuire au rendement, surtout les années où les conditions atmosphériques sont plus difficiles.

La rotation des cultures est le plus bénéfique lorsque des cultures de familles totalement différentes se suivent. Les deux familles principales sont les graminées (monocotylédones) et les latifoliées (dicotylédones). Les graminées comprennent les graminées fourragères, les céréales et le maïs. Le soya, le haricot blanc, la luzerne et le canola sont des exemples de latifoliées. Le tableau 8-11, *Effet de la rotation sur le rendement du maïs*, sur cette page, fournit un exemple de l'effet que peuvent avoir les divers types de rotation.

Les systèmes racinaires fasciculés des céréales et des plantes fourragères (y compris le trèfle rouge) sont excellents pour la structure du sol. Des études ont démontré que les avantages d'inclure du blé, surtout du blé avec du trèfle rouge, peuvent se poursuivre au-delà de l'année suivante. Le blé contre-ensemencé de trèfle rouge a donné des augmentations de rendement chaque année pendant trois années consécutives, comparativement à des systèmes sans trèfle rouge dans une rotation sur quatre années.

Dans le choix des cultures, tenir compte de tous les éléments économiques touchant la rotation plutôt que d'une seule culture.

Consulter la publication 60F, *Budgets de grandes cultures*, pour des informations sur les évaluations des dépenses, ou visiter le site Web du MAAARO, à [www.ontario.ca/agroentreprise](http://www.ontario.ca/agroentreprise).

On doit également être conscient de tout problème potentiel d'insectes ou de maladies qui pourrait toucher les cultures plus tard dans la rotation. Les cultures couvre-sol, utilisées dans les rotations, peuvent avoir une incidence, positive ou négative, sur les ennemis des cultures (se référer à *Couvre-sol*, p. 146, pour les effets potentiels des diverses cultures couvre-sol). Le tableau 8-12, *Points à considérer dans le choix des rotations de cultures*, page suivante, présente les rotations qui sont recommandées, d'autres plus risquées et celles qui sont franchement déconseillées, compte tenu de leurs répercussions sur la production culturale. Il ne s'agit pas là d'une liste complète des problèmes liés aux cultures, mais le tableau souligne les principaux effets à considérer. On trouvera plus de renseignements sur ce sujet dans les chapitres consacrés aux différentes cultures.

## Réduction des pertes de matière organique Réduction de l'érosion du sol

La plupart des terres agricoles sont sujettes à une certaine forme d'érosion. La texture du sol, l'intensité des précipitations, le gradient et la longueur de la pente ainsi que les pratiques culturales comme les rotations et les méthodes de travail du sol sont autant de facteurs qui ont une incidence sur l'érosion. Il est possible de réduire la quantité de sol perdu d'un champ ou de lutter contre ce type d'érosion grâce à plusieurs mesures déjà mentionnées dans ce chapitre. Le travail minimal du sol, le semis direct, un drainage amélioré et la rotation des cultures, y compris le recours à des cultures couvre-sol, peuvent contribuer grandement à réduire l'érosion due au vent ou à l'eau. Le tableau 8-13, *Méthodes de lutte contre l'érosion*, page 151, dresse la liste de diverses méthodes permettant de lutter contre l'érosion hydrique et éolienne ainsi que l'érosion causée par le travail du sol.

Dans certains cas, ces mesures sont insuffisantes, particulièrement lorsque l'écoulement de l'eau est concentré. On doit alors avoir recours à d'autres méthodes de conservation des sols. Il est souvent nécessaire d'aménager des ouvrages qui permettent d'intercepter l'eau pouvant causer une ravine ou une rigole dans un champ. Ces ouvrages exigent moins d'entretien s'ils sont combinés à un travail réduit du sol ou au semis direct. L'amélioration des techniques de travail du sol et des pratiques culturales peut également réduire la taille des ouvrages requis. On peut aussi avoir recours à la culture en bandes alternantes pour protéger le sol de l'érosion hydrique; il s'agit d'un système selon lequel une bande de culture sarclée fait alternance avec une bande de culture fourragère ou céréalière. Si l'on combine des techniques de travail du sol qui permettent sa conservation avec une culture en bandes alternantes, on augmentera alors la largeur des bandes.

Pour plus d'information, voir les fascicules suivants : *Les pratiques de gestion optimales : Gestion du sol*, commande n° BMP06F, *Les pratiques de gestion optimales : Grandes cultures*, commande n° BMP02F, ainsi que le site Web du MAAARO, à [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

**Tableau 8-12.** Points à considérer dans le choix des rotations de cultures

Culture	Culture précédente						
	Maïs	Soya	Cultures fourragères	Céréales de printemps	Céréales d'automne	Haricots secs comestibles	Canola
Maïs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baisse de rendement</li> <li>Chrysomèle des racines du maïs</li> <li>Pyrale du maïs</li> <li>Limaces pouvant causer des dommages en semis direct</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hanneton européen (sur les sols à texture légère)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vers fil-de-fer après gazon de graminées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résidus lourds en semis direct pouvant retarder l'assèchement et le réchauffement du sol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résidus abondants en semis direct pouvant retarder l'assèchement et le réchauffement du sol</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Risque de répercussions négatives sur la croissance</li> </ul>
Soya	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limaces pouvant causer des dommages en semis direct</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baisse de rendement</li> <li>Nématode à kyste du soya</li> <li>Maladies des racines</li> <li>dégradation du sol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Échappées de mauvaises herbes parfois difficiles à maîtriser</li> <li>Limaces pouvant réduire la densité du peuplement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limaces et retard dans les semis pouvant nuire au semis direct</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limaces et retard dans les semis pouvant nuire au semis direct</li> <li>Tétranyques suivant la culture couvre-sol de trèfle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pourriture à sclérotés</li> <li>Dégradation du sol</li> <li>Nématode à kyste du soya (parfois)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pourriture à sclérotés</li> <li>Risque de répercussions négatives sur la croissance</li> </ul>
Fourrages	<ul style="list-style-type: none"> <li>Résidus abondants pouvant interférer avec la mise en place de la semence en semis direct</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Risque de rémanence d'herbicides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Risque d'augmentation des maladies des fourrages</li> <li>Autotoxicité de la luzerne favorisée par les maladies</li> </ul>				
Céréales de printemps			<ul style="list-style-type: none"> <li>Vers fil-de-fer après prairies de graminées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maladies foliaires</li> <li>Baisse de rendement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maladies foliaires</li> <li>Baisse de rendement</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Risque d'un léger ralentissement de la croissance</li> </ul>
Céréales d'automne	<ul style="list-style-type: none"> <li>Risque accru de fusariose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hanneton européen (sur les sols à texture légère)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Échappées de mauvaises herbes</li> <li>Croissance réduite en semis direct avec chiendent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Piétin-échaudage</li> <li>Maladies des feuilles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Piétin-échaudage</li> <li>Maladies foliaires</li> <li>Baisse de rendement</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Risque d'un léger ralentissement de la croissance</li> </ul>
Haricots secs comestibles		<ul style="list-style-type: none"> <li>Pourriture à sclérotés</li> <li>Pourritures des racines</li> <li>Nématode à kyste du soya (parfois)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Échappées de mauvaises herbes</li> <li>Limaces en semis direct</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limaces pouvant causer des dommages en semis direct</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limaces pouvant causer des dommages en semis direct</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baisse de rendement</li> <li>Pourriture des racines</li> <li>Pourriture à sclérotés</li> <li>Structure du sol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pourriture à sclérotés</li> <li>Risque de répercussions négatives sur la croissance</li> </ul>
Canola	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limaces pouvant causer des dommages en semis direct</li> <li>Récolte trop tardive pour les semis de canola d'automne</li> <li>Risque de rémanence des herbicides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pourriture à sclérotés</li> <li>Risque de rémanence des herbicides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limaces pouvant réduire la densité du peuplement</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Limaces pouvant causer des dommages en semis direct</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pourriture à sclérotés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pourriture à sclérotés</li> <li>Jambe noire</li> <li>Pourriture des racines</li> <li>Risque de rémanence des herbicides</li> </ul>
<b>Légende :</b> Recommandé                      Prudence                      Déconseillé							

Tableau 8-13. Méthodes de lutte contre l'érosion

Pratique	Répercussions	Autres avantages	Hydrique	Éolienne	Liée au travail du sol
Travail du sol réduit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laisse des résidus à la surface du sol, ce qui réduit efficacement l'érosion.</li> <li>• Ameublir moins le sol.</li> <li>• Empêche le sol d'être entraîné vers le bas des pentes par les instruments aratoires.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Améliore l'infiltration de l'eau.</li> <li>• Réduit la perte de matière organique.</li> <li>• Améliore la structure du sol.</li> </ul>	x	x	x
Apport de matières organiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protège le sol de l'érosion en laissant des matières à la surface du sol.</li> <li>• Favorise l'ameublissement du sol (ce qui améliore l'infiltration et réduit le ruissellement) ainsi que la formation d'agréats plus gros et plus stables (moins d'érosion), puisque la teneur du sol en matière organique est rehaussée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajoute des éléments nutritifs.</li> <li>• Augmente la teneur en matière organique.</li> <li>• Améliore la structure du sol.</li> <li>• Améliore les conditions de vie des organismes du sol.</li> </ul>	x	x	
Rotation des cultures	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protège le sol par la présence continue de cultures dans le champ (fourrages de graminées et de légumineuses).</li> <li>• Contribue à maintenir le sol en place grâce aux ramifications du système racinaire (cultures vivaces).</li> <li>• Aide à protéger le sol, de l'automne jusqu'à la récolte (annuelles d'automne comme le blé d'automne).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Améliore la structure du sol et cause moins de compactage, en raison de la présence des racines.</li> <li>• Améliore l'infiltration d'eau.</li> <li>• Hausse les rendements.</li> <li>• Réduit les populations d'insectes et la prévalence des maladies.</li> </ul>	x	x	
Cultures couvre-sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protègent le sol en y laissant une protection végétale.</li> <li>• Contribuent à améliorer la structure du sol, lequel résiste mieux à l'érosion.</li> <li>• Améliorent l'infiltration et réduisent le ruissellement, en raison de l'apport de matière organique.</li> <li>• Améliorent la stabilité du sol en raison de l'action des racines.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmentent la teneur en matière organique du sol.</li> <li>• Contribuent à retenir les éléments nutritifs du fumier fraîchement épandu.</li> <li>• Fournissent des fourrages.</li> <li>• Permettent de réduire les mauvaises herbes et les populations de nématodes.</li> </ul>	x	x	

### Protection des fossés et des ruisseaux

Une grande quantité des sédiments qui se trouvent dans l'eau provient souvent des berges des fossés et des ruisseaux. Les rives non protégées continuent de s'éroder, rongant peu à peu les terres agricoles. L'intérêt grandissant pour la protection des eaux de surface et des eaux souterraines démontre bien l'importance de cette ressource. Certaines mesures peuvent protéger les berges des fossés et des ruisseaux, tout comme l'eau qui y circule. Un débit trop élevé et le passage de la machinerie ou du bétail peuvent concourir à l'érosion des berges. Par ailleurs, des débits concentrés peuvent former des rigoles ou des ravines à leur arrivée dans un cours d'eau. On peut toutefois stabiliser les berges de ruisseaux et les fossés au moyen d'ouvrages tels que : zones tampons, protection des sorties de canalisations de drainage souterrain ou tube collecteur, colonnes descendantes et chute enrochée.

Empêcher le bétail d'avoir accès aux cours d'eau : l'installation de clôtures constitue souvent une bonne solution. Des ponts, des ponceaux ou des passages permettent aussi le déplacement en toute sécurité de la machinerie et du bétail.

Consulter les fascicules sur les pratiques de gestion optimales, énumérés à la fin de ce chapitre.

### Brise-vent

Il faut souvent une protection supplémentaire contre le vent s'il n'y a pas assez de résidus pour que le sol reste en place. En

ralentissant la vitesse du vent, les brise-vent offrent une protection près du sol. Ils créent également des microclimats en haussant les températures de l'air et du sol à proximité des arbres, en diminuant les vents asséchants et en favorisant l'accumulation de neige. Tout cela contribue à augmenter les rendements de la culture. Voir la figure 8-2, *Protection des cultures par les brise-vent*, page suivante.

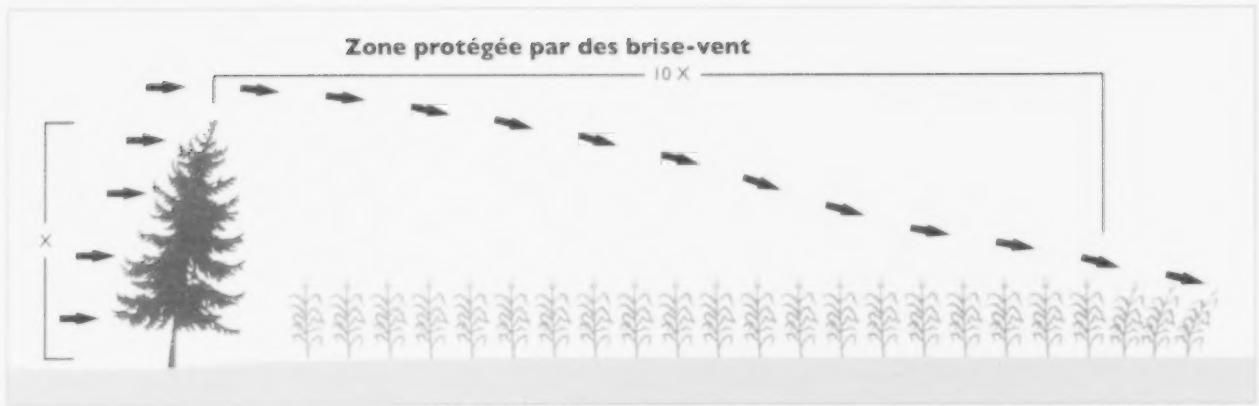
### Abandon des terres fragiles

Il arrive à l'occasion que l'on ne puisse pas lutter contre l'érosion dans un champ ou l'une de ses parties. L'érosion peut être trop importante ou le champ peut présenter également d'autres problèmes qui le rendent moins rentable pour la culture ou en font une ressource moins durable. Les parcelles de terre fragiles comprennent entre autres les zones près des ruisseaux, des lacs et des terres humides, qui peuvent être inondées ou d'autres parcelles soumises à une érosion grave. Ces parcelles de terre ne devraient plus faire partie de la zone productive; elles devraient plutôt être consacrées au pâturage ou au reboisement.

### Prévention du compactage

Comme il a été mentionné plus haut, la machinerie lourde, surtout lorsque le sol est humide, provoque facilement le compactage des sols.





**Figure 8-2.** Protection des cultures par les brise-vent

Les rendements des cultures peuvent augmenter de 10-20 % lorsque le champ est protégé par une haie brise-vent.

Divers choix de gestion s'offrent en vue d'éviter le compactage du sol.

- Éviter d'aller au champ surtout avec du matériel lourd lorsque le sol est humide. Un sol sec possède une bien meilleure capacité portante qu'un sol humide.
- Travailler le sol lorsque le degré d'humidité du sol est adéquat à la profondeur voulue du labour.
- Installer des drains agricoles dans les champs où le drainage est faible ou variable.
- Effectuer une rotation des cultures plus longue, et y inclure des cultures céréalières ou fourragères.
- Laisser les cultures fourragères en place pendant plus d'une année.
- Alternier la profondeur à laquelle le sol est travaillé, afin de ne pas créer de semelles de labour.
- Minimiser la circulation dans le champ.
- Utiliser des pneus radiaux, des pneus larges ou des chenilles qui laissent une empreinte longue et étroite afin de réduire le compactage.
- Abaisser la pression des pneus afin de réduire la pression qui s'exerce sur la surface du sol. Cette technique ne sera efficace qu'avec des pneus radiaux ou des pneus assez larges pour porter le matériel à des pressions moindres. Vérifier auprès du fabricant si les pneus peuvent être efficaces à de telles pressions.
- Éviter que la charge par essieu soit trop lourde, car le sous-sol pourrait s'en trouver compacté, même avec des pneus peu gonflés. Alléger le plus possible le matériel et les chargements (en deçà de 4,5 t/essieu ou 5 t.c./essieu). Le plus souvent possible, limiter la circulation du matériel lourd aux voies d'accès plutôt que dans tout le champ.

### Sous-solage ou labour profond

Le sous-solage est souvent utilisé pour défoncer des zones de champ qui ont été tassées par la circulation de lourdes charges. En général, cette opération n'a pas d'effets positifs à long terme. Avant de procéder au sous-solage, toujours vérifier la profondeur de la couche compactée au moyen d'une sonde à tuyau ou d'une fosse d'observation et vérifier si le sol est humide à la profondeur nécessaire. Voir *Évaluation de la santé du sol*,

page 141, pour une description des techniques de détection du compactage. Si le sol n'est pas compacté, le travail du sol ne comporte aucun avantage et peut même endommager la structure du sol ou les drains souterrains sous la profondeur normale du labour.

Pour éviter la réapparition du problème, modifier les pratiques de gestion du sol, de récolte et d'épandage du fumier, ce qui suppose notamment d'alléger les charges et de s'abstenir de rouler dans les champs quand ils sont détrempés.

### Réduction du travail du sol

On travaille le sol pour diverses raisons, notamment pour éliminer les mauvaises herbes, niveler le sol, enfouir les résidus des cultures, incorporer les engrais et le fumier et préparer les lits de semences. La découverte des herbicides a grandement réduit la nécessité de sarcler le sol pour se débarrasser des mauvaises herbes (sauf en production biologique). Par ailleurs, la mise au point de matériel permettant de semer dans les résidus signifie que les cultures peuvent être plantées avec succès avec peu ou même aucun travail du sol. De manière générale, un sol dont le gros du labour est effectué au printemps sera moins vulnérable à l'érosion que s'il est travaillé à l'automne. On doit viser à réduire au minimum le travail du sol tout en restant en mesure d'atteindre ses objectifs.

Pour plus d'information à ce sujet, voir la rubrique sur le travail du sol correspondant à chacune des cultures décrites dans la présente publication.

### Charrue à versoirs

Du point de vue de la qualité du sol, l'utilisation de la charrue à versoirs représente la méthode la moins souhaitable de travailler le sol, car peu de résidus sont laissés à la surface; de plus, le sol devant être retravaillé plusieurs fois, cette méthode exige beaucoup d'énergie et de main-d'œuvre. Le labour et le travail superficiel du sol broient les agrégats, ce qui rend le sol plus vulnérable à l'encroûtement et à l'érosion. Lorsqu'on a recours à la charrue à versoirs, ajuster les versoirs de manière à ce que

la terre soit déposée sur le côté pour laisser plus de résidus à la surface. Réduire également le plus possible le nombre de passages additionnels afin de réduire la fragmentation des agrégats.

### **Charrue chisel**

Par comparaison à la charrue à versoirs, la charrue chisel laisse une plus grande quantité de résidus en surface lorsqu'elle est réglée adéquatement et que le nombre de passages en travail superficiel est intentionnellement limité. Toutefois, il faut savoir que le labour effectué au moyen de la charrue chisel avec dents vrillées produit au printemps un sol billonné, ce qui permet de lutter contre l'érosion, mais cela peut nécessiter plus de passages de la machinerie et donner des lits de semence dont le degré d'humidité est variable. Le recours aux pratiques suivantes permet d'éviter bon nombre de ces inconvénients :

- utilisation de socs bineurs sur la totalité ou une partie du chisel;
- ajout d'une lame niveleuse des herbes à l'arrière du chisel;
- travail superficiel du sol au printemps.

La charrue chisel peut également être efficace pour l'incorporation du fumier dans le sol.

### **Disques**

Les disques, comme la charrue chisel, laissent plus de résidus à la surface que la charrue à versoirs. L'emploi de disques lorsque le sol est détrempé peut causer du compactage. Des passages trop fréquents vont broyer les agrégats du sol et faire augmenter les pertes de matière organique et le risque d'encroûtement. Un bon semoir, réglé de manière à pouvoir semer dans un sol recouvert d'une certaine quantité de résidus dans un lit de semence plus rugueux, peut contribuer à réduire le nombre de passages requis pour le travail superficiel dans le cadre de n'importe quel système de travail du sol.

### **Semis direct, travail réduit et labour en bandes**

Le semis direct constitue la meilleure méthode pour laisser des résidus protecteurs à la surface. Cette technique présente le plus grand potentiel de réduction des coûts de travail du sol, quoiqu'il faille lutter contre les mauvaises herbes dans presque tous les cas par la destruction chimique au moyen d'un herbicide appliqué en présemis. Plusieurs possibilités existent, à la fois dans le concept original et dans les modifications offertes, pour que les semoirs de précision ou les semoirs à grains soient adaptés au semis direct.

En Ontario, l'expression « semis direct » signifie généralement que les semis sont effectués dans un champ non labouré, à l'aide d'un ouvre-sillon ou d'un couteau aligné avec l'ouvre-sillon. Les semis effectués au printemps dans un sol qui a été travaillé à l'automne et qui est prêt à être ensemencé ne sont pas des exemples de semis direct.

Le travail réduit du sol s'effectue avec deux ou trois coutres à l'avant de l'ouvre-sillon et de l'injecteur d'engrais; on peut aussi utiliser des dispositifs qui tassent les résidus.

Pour le labour en bandes, on a recours à une barre porte-outil avec les coutres à l'avant, suivis de dents et de quelques disques à l'arrière. Cette technique peut être utilisée à l'automne et au printemps pour préparer les lits de semences. Les dents vibrantes pénètrent habituellement dans le sol à une profondeur de 10 à 15 cm (4 à 6 po).

La réussite des semis directs dépend souvent d'une quantité de facteurs autres que la configuration des instruments. Il peut s'agir entre autres du drainage du sol et de la rotation des cultures, qui influent grandement sur le rendement de tous les systèmes de semis direct. C'est avec la culture du maïs que le travail réduit présente le plus de défis. Les différentes méthodes de travail du sol sont décrites plus en détail au chapitre 1, *Maïs*.

## **Considérations environnementales**

Une bonne gestion des sols comporte beaucoup d'avantages, non seulement pour le sol comme tel, mais aussi pour l'environnement, particulièrement en ce qui a trait à la qualité de l'eau. Bon nombre d'activités agricoles peuvent avoir des répercussions sur l'environnement. Le Plan agro-environnemental (PAE) a sensibilisé les producteurs, depuis 1993, aux risques environnementaux reliés aux activités agricoles. Le PAE est un programme d'auto-évaluation qui porte sur 23 aspects de l'exploitation agricole. Tous les paliers de gouvernement, les offices de protection de la nature et quelques organisations ont offert certaines mesures incitatives aux propriétaires terriens pour qu'ils apportent des améliorations à cet égard. Les producteurs qui n'ont pas déjà mis en place un PAE devraient envisager de le faire. Vérifier les possibilités d'aide financière relatives aux améliorations agroenvironnementales auprès des gouvernements et autres organisations. Le programme du PAE est administré par l'Association pour l'amélioration des sols et des récoltes de l'Ontario.

### **Qualité de l'eau**

L'eau est une ressource précieuse. Un approvisionnement abondant en eau propre est indispensable à la réussite de toute exploitation agricole et à la santé de la famille vivant sur la ferme. L'eau est aussi une ressource qu'on partage, notamment avec les faunes terrestre et aquatique. Tous ont le droit d'avoir accès à un approvisionnement adéquat en eau propre, mais chaque producteur a aussi l'obligation de s'assurer que l'eau qui quitte sa ferme est abondante et propre pour l'utilisateur suivant.

Les exploitations agricoles ont un effet sur la qualité de l'eau de bien des façons. La qualité de l'eau de surface peut être affectée par l'érosion du sol, les fumiers, les effluents des fosses septiques, les déchets de laiterie, les pesticides et les carburants. Par ailleurs, les éléments nutritifs, les fumiers, les pesticides et les carburants qui s'infiltrent dans le sol et gagnent la nappe phréatique peuvent altérer la qualité de l'eau souterraine.

En ce qui concerne la qualité de l'eau, les plus grands défis que doivent relever les producteurs sont ceux qui sont associés aux bactéries (provenant des fumiers), aux nitrates et aux sédiments. Par comparaison, la contamination par les pesticides est un problème beaucoup moins grave.

## Qualité de l'air

La qualité de l'air dans les exploitations agricoles comporte trois composantes : les odeurs, les poussières et les gaz à effet de serre. On peut trouver sur le site Web du MAAARO ainsi que dans les fascicules sur les pratiques de gestion optimales un choix de solutions pour faire face aux différentes situations.

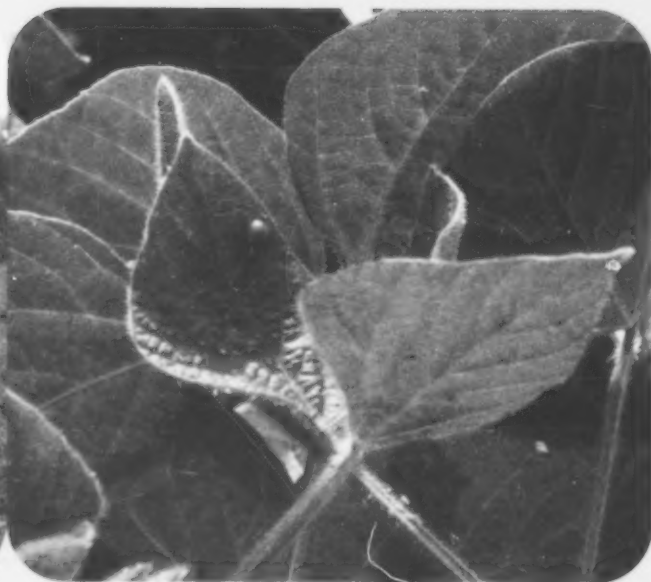
Pour plus d'information sur les problèmes et les solutions en matière de la qualité de l'eau, ainsi que sur l'aménagement de la faune, l'irrigation, la gestion des éléments nutritifs, l'agroforesterie et les gaz à effet de serre, consulter les fascicules sur les pratiques de gestion optimales, publiés par le MAAARO, Agriculture et Agroalimentaire Canada et la Fédération de l'agriculture de l'Ontario.

## Pratiques de gestion optimales

L'agriculture est une activité qui comporte beaucoup de risques, en ce qui a trait, entre autres, aux conditions climatiques, au contexte financier et aux incertitudes des marchés. De nos jours, on se rend compte en plus que certaines pratiques agricoles peuvent représenter des risques pour l'environnement, notamment pour la qualité de l'eau.

Les producteurs en subissent eux-mêmes certaines répercussions et font face à des diminutions de rendement de leurs récoltes, des pertes de sol et des problèmes de pollution de l'eau. De plus, en milieu rural comme en milieu urbain, le voisinage peut être affecté par ces conditions. Ces désagréments ne sont pas toujours graves et ce ne sont pas non plus toutes les exploitations agricoles qui en éprouvent. Mais il existe des solutions concrètes pour les producteurs agricoles qui connaissent ces situations. Les publications et les autres produits offerts dans le cadre du Programme de pratiques de gestion optimales présentent des solutions réalistes aux problèmes de sol, d'eau et d'habitat.

Commande n°	Titre
	<i>Introduction aux pratiques de gestion optimales</i>
	<i>Aperçu</i>
BMP15F	<i>Bandes tampons</i>
BMP21F	<i>Établissement du couvert forestier</i>
BMP01F	<i>Gestion de l'agroforesterie et de l'habitat</i>
BMP02F	<i>Grandes cultures</i>
BMP10F	<i>Gestion de l'habitat du poisson et de la faune</i>
BMP17F	<i>Réduction des émissions de gaz à effet de serre dans les exploitations d'élevage</i>
	<i>Cultures horticoles</i>
BMP09F	<i>Gestion intégrée des ennemis des cultures</i>
BMP08F	<i>Gestion de l'irrigation</i>
BMP20F	<i>Gestion des éléments nutritifs destinés aux cultures</i>
BMP16F	<i>Gestion du fumier</i>
BMP11F	<i>Semis direct : Les secrets de la réussite</i>
BMP14F	<i>Planification de la gestion des éléments nutritifs</i>
BMP13F	<i>Entreposage, manutention et application des pesticides</i>
BMP06F	<i>Gestion du sol</i>
BMP19F	<i>Pâturages riverains</i>
BMP07F	<i>La gestion de l'eau</i>
BMP12F	<i>Les puits</i>
BMP18F	<i>Gestion des terres à bois</i>







## 9. Fertilité et éléments nutritifs

### Principes de gestion optimale des éléments nutritifs

En 2006, on a utilisé environ 686 000 tonnes (756 000 t.c.) d'engrais, en Ontario. La figure 9-1, *Évolution des ventes d'engrais au détail*, sur cette page, illustre l'évolution dans l'utilisation des engrais au cours des cinq dernières décennies. Or, leur emploi ne s'avère profitable que s'il est justifié par des données sur la fertilité du sol et sur l'apport en éléments nutritifs provenant du fumier, des résidus de culture et d'autres sources de matière organique. D'une part, sur les sols très pauvres, on a parfois avantage à remettre dans le sol autant et même plus d'azote, de phosphore et de potasse que ce qui est enlevé par la culture. D'autre part, toute fertilisation de sols déjà très fertiles ou ayant bénéficié peu auparavant d'un apport important de fumier pourrait n'entraîner aucun profit additionnel et même nuire aux rendements.

Une bonne gestion des éléments nutritifs permet d'adapter les besoins de la culture aux éléments nutritifs déjà disponibles dans le sol et de choisir le moment opportun et la méthode appropriée pour les apports d'éléments nutritifs. On peut ainsi espérer atteindre le seul le plus élevé de rentabilité tout en réduisant au minimum les repercussions sur l'environnement.

Pour plus d'information sur la gestion des engrais et des éléments nutritifs, voir la publication 611F du MAAARO, *Manuel sur la fertilité du sol*.

### Analyse de sol

L'analyse de sol constitue la méthode la plus précise pour déterminer les besoins en éléments nutritifs d'une culture et elle comprend en trois étapes :

1. Le prélèvement d'un échantillon représentatif du champ.
2. L'analyse de l'échantillon de sol à l'aide des méthodes reconnues par le MAAARO.
3. L'établissement des besoins de la culture en fonction de l'interprétation des résultats des analyses, afin d'obtenir des rendements optimaux.

### Autres méthodes d'évaluation des besoins en éléments nutritifs

- L'analyse de tissus végétaux est la méthode la plus utilisée en arboriculture fruitière. Dans le cas des grandes cultures et des productions légumières, elle complète l'information fournie par l'analyse de sol.
- Des symptômes de carence nutritionnelle sur les feuilles peuvent être très utiles dans certains cas; par contre, en ce qui a trait au phosphore et au potassium, ils ne sont pas si utiles puisque des pertes de rendement considérables peuvent se produire avant même que les symptômes ne soient visibles.

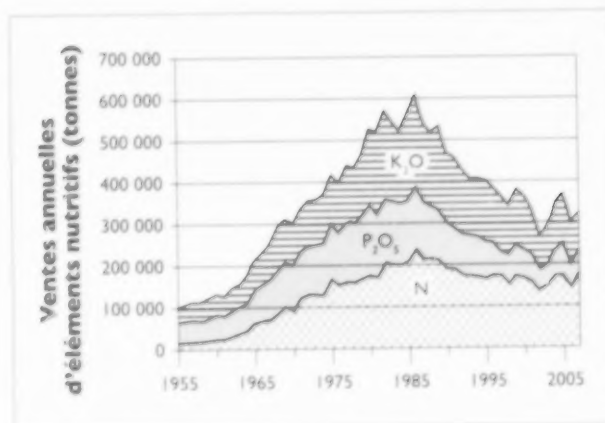


Figure 9-1. Évolution des ventes d'engrais au détail

- Certains maintiennent que le producteur doit remettre au sol la quantité d'éléments nutritifs qui a été enlevée par la culture. Une telle règle semble valable pour l'azote puisque, pour certaines cultures comme le maïs, on remet approximativement ce qui a été utilisé. Par contre, en Ontario, elle s'applique rarement aux autres éléments nutritifs. En effet, on trouve dans la province des argiles et des loams argileux qui ont du potassium en réserve pour de nombreuses années; un apport annuel de potassium constituerait donc une dépense inutile et ne permettrait pas de tirer parti d'un des avantages que présente ce type de sol par rapport aux sols de texture plus grossière.

Les analyses de sol faites dans les laboratoires accrédités par le MAAARO constituent, avec les analyses de tissus végétaux et les symptômes de carence nutritionnelle, le meilleur moyen de déterminer les besoins en engrais d'une culture dans un champ donné.

### Programme d'analyse de sol du MAAARO

Le programme d'analyse de sol du MAAARO fournit des analyses adéquates à l'appui des recommandations sur les besoins en azote, en phosphate, en potasse et en magnésium, ainsi que des recommandations sur la quantité et le type de chaux nécessaire. Les méthodes d'analyse utilisées ont été sélectionnées pour obtenir des résultats exacts pour toute gamme des sols que l'on trouve en Ontario. Le tableau 9-1, *Analyses de sol reconnues par le MAAARO*, page suivante, dresse la liste des analyses de sol effectuées par les laboratoires accrédités de l'Ontario.

La teneur en azote des nitrates peut être mesurée sur un échantillon distinct, prélevé plus profondément. Pour plus d'information, voir le chapitre 1, *Maïs*.

**Tableau 9-1. Analyses de sol reconnues par le MAAARO**

<b>Matériaux analysés</b>	<b>Résultats<sup>1</sup></b>
Sols de grandes cultures, de gazon commercial, etc.	Biodisponibilité du phosphore (bicarbonate de sodium extractible); potassium, magnésium (acétate d'ammonium extractible), manganèse et zinc (indice de pH du sol et élément extractible); pH; besoin en chaux (pH tampon (SMP))

La teneur en matière organique peut être utile pour formuler les recommandations d'herbicides, mais elle n'est pas évaluée dans le cadre des analyses reconnues par le programme

### Unités utilisées dans les rapports d'analyse de sol

Les résultats des analyses de sol pour les teneurs en phosphore, en potassium et en magnésium sont donnés en milligrammes par litre de sol (mg/L), ce qui est approximativement l'équivalent des parties par million (ppm). Le phosphore biodisponible est mesuré au moyen d'un extrait de bicarbonate de soude (aussi appelé extrait Olsen). Le potassium et le magnésium biodisponibles sont mesurés au moyen d'un extrait d'acétate d'ammonium. Le manganèse et le zinc sont rapportés à titre d'indices qui tiennent compte à la fois de la quantité d'éléments nutritifs extraite du sol et du pH du sol. Le pH du sol a une incidence énorme sur la quantité d'éléments nutritifs assimilables par les plantes.

Ces analyses sont à ce jour les plus exactes quant aux éléments nutritifs biodisponibles dans les sols de l'Ontario.

On obtiendra des rendements économiques maximaux si, en plus d'utiliser les doses d'engrais recommandées dans la présente publication, on adopte des techniques agronomiques allant de bonnes à supérieures à la moyenne. La recherche a montré qu'on pouvait à l'occasion hausser les rendements en utilisant une dose supérieure aux recommandations du MAAARO, mais que cette hausse de rendement serait probablement négligeable et peu profitable. Par ailleurs, les quantités recommandées dépassent parfois quelque peu le seuil de rentabilité. Une telle pratique est souhaitable pour maintenir une fertilité élevée du sol et pour tenir compte des erreurs d'échantillonnage dans un champ. Pour des cultures de grande valeur, telles que les tomates, la dose à utiliser sera celle qui permettra le meilleur rendement et la plus grande qualité. Par contre, pour les cultures de moindre valeur, il se peut qu'on obtienne une légère augmentation de rendement avec des doses d'engrais supérieures aux recommandations visant un profit maximal. Cependant, des essais à la ferme sur du maïs ont démontré que les rendements n'augmentaient pas si l'on dépasse les doses d'engrais recommandées par une analyse de sol reconnue. Pour des conseils concernant l'interprétation des résultats d'analyses de sols, s'adresser à un conseiller en cultures accrédité ou communiquer avec le Centre d'information du MAAARO au 1 877 424-1300.

Se référer à l'annexe C, *Laboratoires accrédités pour les analyses de sol en Ontario*, page 260, pour la liste des laboratoires accrédités en Ontario.

### Analyses de sol par des laboratoires non accrédités

Chaque année, un certain nombre de producteurs demandent au personnel du MAAARO d'interpréter les résultats provenant d'autres laboratoires. Les recommandations portant sur les besoins en phosphore et en potasse sont valables, quel que soit le laboratoire, pour autant que les méthodes d'analyse utilisées et les unités servant à exprimer les résultats soient identiques à celles qu'utilisent les laboratoires accrédités; rien ne peut toutefois en garantir l'exactitude.

**Les recommandations concernant la fertilisation ne devraient reposer que sur les analyses de sol reconnues par le MAAARO.** Pour obtenir l'accréditation, chaque laboratoire doit utiliser les méthodes d'analyse reconnues par le MAAARO, faire preuve d'une précision analytique et d'une justesse considérées comme acceptables et faire ses recommandations d'engrais selon les normes mises au point par le MAAARO.

Un certain nombre de laboratoires déterminent la capacité d'échange cationique ainsi que la teneur du sol en aluminium, en bore et en cuivre. Or, ces analyses ne sont pas reconnues par le MAAARO parce que rien n'indique qu'elles contribuent à améliorer l'exactitude des recommandations. La recherche a démontré qu'en Ontario, l'utilisation de la capacité d'échange cationique pour corriger la quantité de potasse à apporter peut aboutir à des recommandations moins fiables que celles qui sont fournies actuellement.

### Prélèvement des échantillons

Prélever des échantillons de sol distincts dans chaque champ ou dans chaque section de champ uniforme, à l'aide d'une sonde ou d'une pelle. Prendre au moins 20 échantillons à 15 cm (6 po) de profondeur, par champ ou par superficie de 5 ha (12,5 ac) ou moins. Pour les superficies supérieures à 5 ha (12,5 ac), augmenter proportionnellement le nombre d'échantillons. Voir la figure 10-1, *Schéma de prélevage*, p. 178, pour connaître le schéma d'échantillonnage à respecter. Plus on prélève d'échantillons, plus l'analyse sera précise et représentative de la fertilité du champ. Aucun échantillon global ne devrait représenter plus de 10 ha (25 ac).

Mettre un échantillon de sol dans un seau propre en plastique, briser les mottes, bien mélanger la terre puis y prélever un sous-échantillon et l'expédier au laboratoire aux fins d'analyse. Prélever les échantillons à intervalles réguliers le long d'un tracé en zigzag qui traverse tout le champ. Les parties de champ qui diffèrent par l'aspect du sol ou le type de culture envisagée ou qui n'ont pas reçu les mêmes doses d'engrais, de fumier ou de chaux doivent être échantillonnées séparément même si leur superficie est trop petite pour qu'on puisse les traiter à part. Éviter de prélever des échantillons dans les bandes fertilisées depuis peu, les dérayures ou refentes, les abords de chemins en gravier et les endroits où l'on a entassé du fumier, du compost, de la chaux ou des résidus de récolte.

## Moment et fréquence de l'échantillonnage

Chaque champ devrait être échantillonné au moins une fois tous les deux ou trois ans. La teneur en potasse peut varier rapidement dans les sols sableux utilisés pour des cultures comme le foin de luzerne, le maïs d'ensilage, les pommes de terre et les tomates, qui prélèvent une grande quantité d'éléments nutritifs. Si tel est le cas, un prélèvement doit être fait chaque année.

Compte tenu du délai requis pour l'envoi et l'analyse des échantillons, prélever à l'automne précède les échantillons dans les champs qui seront ensemencés au printemps. Toutefois, étant donné le surcroît de travail au moment des récoltes et de la fréquence des pluies à cette époque de l'année, il est plus pratique pour certains producteurs d'échantillonner ces sols en été.

## Boîtes à échantillons et feuilles de renseignements

On peut se procurer les boîtes à échantillons de sol et les feuilles de renseignements ainsi que le prix des différentes analyses auprès des laboratoires reconnus ou auprès de nombreux fournisseurs d'engrais et de produits agricoles.

Les façons culturales comme l'épandage de fumier, l'enfouissement de foin de légumineuses et la culture à fertiliser peuvent avoir une incidence sur les doses d'engrais recommandées. Il est impossible de faire des recommandations valables sans cette information. Voilà pourquoi ces données doivent être inscrites pour chaque champ, sur la feuille qui accompagne l'échantillon de sol transmis au laboratoire.

Pour plus d'information sur l'échantillonnage et l'analyse de sol, se référer à la fiche technique du MAAARO, *Échantillonnage et analyse de sol dans le cadre de la gestion des éléments nutritifs*, commande n° 06-032, ou consulter le site Web du MAAARO à [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

## Analyse portant sur les oligo-éléments

Les analyses de sol reconnues par le MAAARO peuvent aussi fournir la teneur du sol en zinc et en manganèse. Dans le cas du zinc, pour la culture du maïs, la meilleure méthode consiste à associer les résultats d'analyse avec les symptômes de carence. Pour ce qui est du manganèse, l'analyse des tissus, les symptômes de carence et l'analyse du sol sont tous utiles. Par contre, les analyses reconnues par le MAAARO ne révèlent pas les teneurs en bore, en cuivre, en fer et en molybdène. Les analyses offertes pour ces oligo-éléments n'ont pas fourni de bons résultats sur leur biodisponibilité. En général, les analyses des tissus végétaux donnent une meilleure indication des carences en ces éléments.

## Contamination

Certaines précautions s'imposent si on ne veut pas fausser les résultats des analyses de sol par le contact des échantillons avec des oligo-éléments, en particulier le zinc. C'est pourquoi il ne faut pas utiliser de sondes à tube galvanisé (plaqué de zinc) pour échantillonner un sol dans lequel on veut déterminer les teneurs en oligo-éléments. Ne pas utiliser de contenants en métal pour

ramasser et mélanger les échantillons, mais plutôt des contenants en plastique propres et en bonne condition. Les échantillons qui sont entrés en contact avec des surfaces galvanisées ne doivent pas être testés pour leur teneur en zinc. Prendre soin de ne pas laisser entrer de poussière, entre autres dans les boîtes à échantillons.

## Échantillonnage du sol

Dans les champs, les carences en oligo-éléments se retrouvent fréquemment en des endroits précis et peu étendus. Si tel est le cas, les échantillons de sol ou de tissus végétaux pris à la grandeur du champ ne permettront probablement pas de déceler le problème. Prélever des échantillons distincts dans les secteurs qui semblent présenter des carences et dans ceux qui n'en présentent pas afin de pouvoir comparer les résultats d'analyse.

## Analyse des tissus végétaux

L'analyse des tissus végétaux permet de mesurer la teneur en éléments nutritifs des tissus d'une plante. En comparant les résultats obtenus par rapport aux valeurs « normales » et « critiques » pour une culture quelconque, on peut déterminer si l'apport en éléments nutritifs est propice à la croissance optimale de la plante.

C'est sur l'analyse des tissus végétaux que reposent les recommandations d'engrais pour les arbres fruitiers et la vigne. Par ailleurs, l'analyse des tissus végétaux complète les renseignements fournis par l'analyse du sol quand il s'agit d'évaluer le niveau de fertilité d'autres cultures. Elle permet de vérifier l'exactitude des teneurs en phosphore, potassium, magnésium et manganèse, car elle est indépendante de l'analyse du sol. Elle ne révèle pas toutefois de manière fiable les teneurs du sol en azote et en zinc. Pour le bore et le cuivre, il n'existe pas d'analyses de sol concluantes, donc l'analyse de tissus et l'observation des symptômes de carence sur la plante restent les seuls moyens de diagnostiquer de telles carences.

L'analyse des tissus végétaux a aussi ses limites. Il est souvent difficile d'interpréter les résultats, car l'analyse des tissus végétaux n'indique généralement pas la cause de la carence ni la quantité d'engrais nécessaire pour la corriger. Elle est surtout utile lorsqu'elle est combinée à l'inspection visuelle de la culture et des caractéristiques du sol, à la connaissance des pratiques culturales utilisées antérieurement et à une analyse du sol récente qui fournit les teneurs en éléments nutritifs et le pH du sol.

Il n'existe aucun processus officiel d'accréditation des laboratoires d'analyse des tissus végétaux. Cependant, le rendement des laboratoires accrédités en analyse de sol qui exécutent des analyses de tissus est surveillé, et chaque laboratoire accrédité en analyse de sol est en mesure d'effectuer une analyse valable des tissus végétaux.

## Échantillonnage

Le moment où l'on effectue le prélèvement des tissus a une grande incidence sur les résultats, car les teneurs en éléments nutritifs dans la plante varient considérablement avec l'âge de celle-ci. Les résultats seront difficiles à interpréter si les

échantillons sont pris à des moments autres que ceux qui sont recommandés. Échantillonner toutefois les plants soupçonnés de carence en éléments nutritifs dès que le problème se manifeste. Prélever de préférence les échantillons aux endroits précis où il y a des signes de carence plutôt que dans le champ tout entier, et recueillir aussi des échantillons de plantes saines dans un secteur adjacent, à des fins de comparaison.

Prélever des échantillons de tissus sur au moins 20 plants répartis un peu partout dans la zone choisie. Chaque échantillon doit se composer de 100 g (3,5 oz) de tissus frais. Échantillonner les zones à problème séparément. Éviter toute contamination des échantillons avec de la terre, car même une infime quantité peut fausser les résultats, surtout lorsque l'analyse porte sur les oligo-éléments.

### Préparation de l'échantillon

Les échantillons de tissus végétaux fraîchement cueillis doivent être expédiés rapidement au laboratoire. Si l'expédition immédiate des échantillons est impossible, faire sécher les tissus végétaux afin d'en empêcher la détérioration. Faire sécher les échantillons au four à 65 °C ou moins, ou au soleil en prenant soin qu'aucune particule de terre ou de poussière ne puisse les contaminer. Éviter tout contact des tissus avec des contenants galvanisés (plaqués de zinc) ou faits de cuivre ou de laiton.

## Recommandations d'engrais

### Acidité du sol et chaulage

L'échelle de pH s'étend de 0 à 14; elle sert à définir le degré d'acidité ou d'alcalinité du sol. Un pH de 7,0 indique un sol neutre; un pH inférieur à 7,0 indique que le sol est acide, alors qu'un pH supérieur à 7,0 signifie que le sol est alcalin. La plupart des grandes cultures poussent bien lorsque le pH se situe entre 6,0 et 8,0.

Pour corriger l'acidité du sol, épandre à la volée de la chaux moulue et l'enfouir dans le sol, aux doses suggérées dans les résultats d'analyses du sol. Le tableau 9-2, *pH auquel le chaulage est recommandé pour les cultures en Ontario*, sur cette page, indique le pH au-dessous duquel le chaulage est recommandé, selon la culture, et jusqu'à quelle valeur le pH sera redressé. En Ontario, la plupart des cultures poussent bien à un pH plus élevé que le pH visé et pour lequel le chaulage est recommandé.

### pH tampon

Le pH du sol sert à mesurer le degré d'acidité du sol et indique si le chaulage est nécessaire à la culture. Il ne mesure pas la quantité d'acidité de réserve maintenue dans l'argile et les particules de matière organique contenues dans le sol, et qui dicteront la quantité de chaux nécessaire. Des quantités différentes d'acidité de réserve pourraient indiquer que deux sols présentant le même pH auront besoin de quantités différentes de chaux pour redresser le pH du sol au niveau voulu. L'acidité de réserve se mesure selon le pH tampon. Plus la quantité d'acidité de réserve est élevée, plus le pH tampon

**Tableau 9-2. pH auquel le chaulage est recommandé pour les cultures en Ontario**

Cultures	pH au-dessous duquel le chaulage est recommandé	pH cible <sup>1</sup>
<b>Sols minéraux à texture grossière ou moyenne (sables, loams sableux, loams et loams limoneux)</b>		
Légumineuses vivaces, avoine, orge, blé, triticales, haricots, pois, canola, lin, tomates, framboises, fraises, et tout autre culture qui ne figure pas ci-dessous	6,1	6,5
Mais, soya, seigle, foin de graminées, pâturage, tabac	5,6	6,0
Pommes de terre	5,1	5,5
<b>Sols minéraux à texture fine (argiles et loams argileux)</b>		
Luzerne, choux, rutabagas	6,1	6,5
Autres légumineuses vivaces, avoine, orge, blé, triticales, soya, haricots, pois, canola, lin, tomates, framboises, et toute autre culture qui ne figure ni ci-dessus, ni ci-dessous	5,6	6,0
Mais, seigle, foin de graminées, pâturage	5,1	5,5
<b>Sols organiques (tourbes, terres noires)</b>		
Toutes les grandes cultures et les cultures légumières	5,1	5,5

<sup>1</sup> Aux endroits où la culture est en rotation avec d'autres cultures nécessitant un pH plus élevé (par exemple le maïs en rotation avec le blé ou la luzerne), il est recommandé de chauler le sol afin d'atteindre le pH le plus élevé.

est faible et plus il faudra de chaux pour élever le pH. Pour les sols ayant besoin de chaulage, le tableau 9-3, *Quantité de chaux nécessaire pour corriger l'acidité d'un sol en fonction du pH et du pH tampon*, page en regard, peut servir à déterminer la quantité de chaux nécessaire pour atteindre les différents pH « cibles » nécessaires aux diverses cultures.

### Qualité de la chaux agricole

La chaux calcitique contient surtout du carbonate de calcium; la chaux dolomitique contient des carbonates de magnésium et de calcium. Cette dernière devrait être utilisée sur les sols dont la teneur en magnésium est de 100 ou moins, car c'est une excellente source économique de magnésium pour les sols acides. Dans les sols dont l'analyse révèle une teneur en magnésium supérieure à 100, les deux types de chaux peuvent être utilisés.

La qualité de la chaux agricole est liée à deux facteurs importants : la valeur neutralisante et la finesse de mouture. La valeur neutralisante de la chaux est déterminée par sa capacité à neutraliser l'acidité du sol lorsqu'elle est complètement dissoute. On l'exprime en pourcentage de la valeur neutralisante du carbonate de calcium pur. Un échantillon de chaux qui neutraliserait 90 % de l'acide neutralisé par le carbonate de calcium pur possède une valeur neutralisante de 90. En général, plus la teneur en calcium et en magnésium de la chaux en question est haute, plus sa valeur neutralisante est élevée.

**Tableau 9-3.** Quantité de chaux nécessaire pour corriger l'acidité du sol en fonction du pH et du pH tampon  
Chaux moulue nécessaire – t/ha (t.c./ac)  
(en fonction d'un indice agricole de 75)

pH tampon <sup>1</sup>	pH ciblé			
	7,0	6,52	6,03	5,54
7.0	2 (0,9)	2 (0,9)	1 (0,5)	1 (0,5)
6.9	3 (1,3)	2 (0,9)	1 (0,5)	1 (0,5)
6.8	3 (1,3)	2 (0,9)	1 (0,5)	1 (0,5)
6.7	4 (1,8)	2 (0,9)	2 (0,9)	1 (0,5)
6.6	5 (2,2)	3 (1,3)	2 (0,9)	1 (0,5)
6.5	6 (2,7)	3 (1,3)	2 (0,9)	1 (0,5)
6.4	7 (3,1)	4 (1,8)	3 (1,3)	2 (0,9)
6.3	8 (3,6)	5 (2,2)	3 (1,3)	2 (0,9)
6.2	10 (4,5)	6 (2,7)	4 (1,8)	2 (0,9)
6.1	11 (4,9)	7 (3,1)	5 (2,2)	2 (0,9)
6.0	13 (5,8)	9 (4,0)	6 (2,7)	3 (1,3)
5.9	14 (6,2)	10 (4,5)	7 (3,1)	4 (1,8)
5.8	16 (7,1)	12 (5,4)	8 (3,6)	4 (1,8)
5.7	18 (8,0)	13 (5,8)	9 (4,0)	5 (2,2)
5.6	20 (8,9)	15 (6,7)	11 (4,9)	6 (2,7)
5.5	20 (8,9)	17 (7,6)	12 (5,4)	8 (3,6)
5.4	20 (8,9)	19 (8,5)	14 (6,2)	9 (4,0)
5.3	20 (8,9)	20 (8,9)	15 (6,7)	10 (4,5)
5.2	20 (8,9)	20 (8,9)	17 (7,6)	11 (4,9)
5.1	20 (8,9)	20 (8,9)	19 (8,5)	13 (5,8)
5.0	20 (8,9)	20 (8,9)	20 (8,9)	15 (6,7)
4.9	20 (8,9)	20 (8,9)	20 (8,9)	16 (7,1)
4.8	20 (8,9)	20 (8,9)	20 (8,9)	18 (8,0)
4.7	20 (8,9)	20 (8,9)	20 (8,9)	20 (8,9)
4.6	20 (8,9)	20 (8,9)	20 (8,9)	20 (8,9)

<sup>1</sup> En Ontario, le pH tampon est mesuré au moyen du tampon Shoemaker, MacLean et Pratt (SMP). D'autres systèmes peuvent utiliser des tampons différents, qui donnent des résultats similaires, mais non identiques.

<sup>2</sup> Chaulage si pH au-dessous de 6.1.

<sup>3</sup> Chaulage si pH au-dessous de 5.6.

<sup>4</sup> Chaulage si pH au-dessous de 5.1.

Le deuxième facteur qui influe sur le pouvoir neutralisant d'un calcaire est la finesse de sa mouture. En effet, une pierre calcaire a une surface de contact avec l'acide bien moins grande que si elle est réduite en poudre; pour cette raison, elle neutralise beaucoup moins vite l'acidité, et à toutes fins utiles, elle a peu de valeur. Le calcul de l'efficacité du calcaire moulu est illustré au tableau 9-4, *Exemple de calcul de la finesse de mouture de la chaux*, sur cette page.

**Tableau 9-4.** Exemple de calcul de la finesse de mouture de la chaux

Taille des particules	% de l'échantillon	Facteur d'efficacité	
Plus grosses qu'un tamis n° 10 <sup>1</sup>	10	x 0	= 0
Tamis n° 10 à n° 60 <sup>2</sup>	40	x 0,4	= 16
Plus petites qu'un tamis n° 60	50	x 1,0	= 50
Cote de finesse			= 66

<sup>1</sup> Un tamis Tyler n° 10 a des mailles de 2,0 mm.

<sup>2</sup> Un tamis Tyler n° 60 a des mailles de 0,25 mm.

### Indice agricole de la chaux

Un indice agricole de la chaux a été mis au point en Ontario pour permettre la comparaison de chaux différentes. Il relie les notions de valeur neutralisante et de finesse de mouture dans la formule suivante :

$$\text{Indice agricole} = \frac{\text{valeur neutralisante} \times \text{finesse}}{100}$$

L'indice agricole peut être utilisé pour comparer l'efficacité relative de différentes chaux agricoles à neutraliser l'acidité du sol. La chaux possédant un indice agricole élevé vaut proportionnellement plus que la chaux possédant un indice plus faible, car elle peut être appliquée à des doses inférieures.

Par exemple, si deux chaux agricoles, A et B, ont des indices agricoles de 50 et 80 respectivement, la dose de A requise pour certains sols sera de 80/50 x la dose de B. Donc, la valeur de la chaux A est de 50/80 x le prix de la chaux B par tonne.

Les recommandations reconnues par le MAAARO sont basées sur une chaux ayant un indice agricole de 75. Donc, si l'indice agricole de la chaux est connu, la dose précise pour une chaux de cette qualité peut être calculée. La formule suivante peut être utilisée :

$$\text{Dose de chaux recommandée d'après l'analyse de sol} \times \frac{75}{\text{Indice agricole de la chaux}} = \text{taux d'application}$$

Par exemple, si la dose recommandée, d'après l'analyse du sol, est de 9 t/ha et que la chaux offrant le meilleur compromis entre la qualité et le prix possède un indice agricole de 90, il faudra appliquer 7,5 t/ha (75/90 x 9).

L'indice agricole ne renseigne aucunement sur la teneur en magnésium de la chaux. La chaux dolomitique doit être utilisée sur les sols pauvres en magnésium.

### Profondeur du labour

Les recommandations sur le chaulage faites dans la présente publication devraient élever le pH dans les 15 premiers cm (6 po) de sol au pH cible précis. Selon que le sol est labouré à une profondeur supérieure ou inférieure à 15 cm, il faut



proportionnellement plus ou moins de chaux pour atteindre le même pH cible. Là où l'on réduit la profondeur de travail du sol, diminuer la dose en conséquence. Un chaulage plus fréquent peut être nécessaire.

### Diminution du pH du sol

Lorsque le pH est inférieur à 6,5, il est possible d'abaisser le pH (rendre le sol plus acide) en lui ajoutant du soufre ou du sulfate d'ammonium. Cet apport peut être opportun pour certaines cultures, notamment pour lutter contre la galle de la pomme de terre, mais, en général, il ne convient pas aux cultures de rotation. On ne peut faire alterner le pH du sol, de faible à moyen, d'une année à l'autre. Si le pH du sol est supérieur à 6,5, cette méthode est tout simplement déconseillée. D'ailleurs, il est presque irréalisable d'abaisser autant le pH en raison des grandes quantités de soufre ou de sulfate d'aluminium nécessaires.

### Changements de méthode culturale

Les recommandations basées sur l'analyse du sol du MAAARO sont faites pour une culture donnée et en fonction de méthodes culturales précises. Lorsqu'on enfouit des légumineuses ou qu'on épand du fumier, il convient d'adapter les recommandations en conséquence. Si l'on utilise le champ en question pour une autre culture que celle pour laquelle les recommandations ont été faites, on devra se baser sur les données du tableau correspondant dans le chapitre de la présente publication, consacré à cette culture.

### Azote

Les recommandations d'engrais azoté pour les grandes cultures sont basées sur les besoins estimatifs des cultures. Les taux recommandés pour une culture donnée figurent sous la rubrique *Gestion de la fertilisation* du chapitre consacré à cette culture. Les doses sont diminuées dans le cas où l'on épand du fumier ou si la culture précédente comprenait des légumineuses vivaces comme la luzerne.

Afin de conserver à la culture toute sa qualité et d'éviter toute pollution des eaux souterraines, il faut s'assurer que l'apport total d'azote biodisponible provenant notamment d'engrais, de fumier, de biosolides et de déchets n'excède jamais les besoins de la culture.

### Phosphore et potasse

Les recommandations de phosphore et de potasse sont basées sur les résultats des analyses de sol reconnues par le MAAARO. Les besoins précis des cultures en ces deux éléments nutritifs sont présentés sous la rubrique *Gestion de la fertilisation* de chaque culture. Utiliser ces tableaux uniquement avec les résultats d'analyses de sol reconnues par le MAAARO. Dans les laboratoires non accrédités, on peut utiliser pour les analyses de sol des solvants d'extraction qui retirent des quantités différentes d'éléments nutritifs, de telle sorte que leurs résultats ne peuvent être interprétés convenablement avec les tableaux du MAAARO.

Lorsqu'il est impossible d'obtenir une analyse du sol, on pourra se faire une idée générale des besoins à l'aide des tableaux en se conformant aux directives suivantes :

- Si le champ a été fertilisé régulièrement depuis de nombreuses années ou s'il a été fortement fertilisé au cours des dernières années, utiliser un taux de phosphate et de potasse recommandé pour la cote moyenne (RM ou EM).
- Si le champ a reçu peu d'engrais dans le passé, utiliser un des taux recommandés pour une cote élevée (RE ou EE).

Les sols dont la cote du phosphore est nulle (RN ou EN) contiennent beaucoup plus de phosphore biodisponible qu'il est nécessaire pour la plupart des cultures. L'apport de phosphore, que ce soit sous forme d'engrais, de compost, de fumier, de biosolides d'épuration ou de déchets pourrait réduire les rendements ou la qualité de la récolte. Ainsi, des apports de phosphore peuvent entraîner des carences en zinc dans les sols pauvres en zinc et augmenter les risques de pollution de l'eau.

Le risque de contamination des eaux de surface par le phosphore peut s'accroître lorsque les analyses révèlent une teneur élevée en phosphore. Cependant, comme le phosphore se lie très bien avec les particules de sol, le déplacement de ces dernières hors du champ par érosion constitue aussi un risque important de contamination des eaux de surface. C'est pourquoi la contamination des eaux de surface par le phosphore ne peut être évaluée uniquement d'après le niveau de phosphore fourni par l'analyse de sol. Si les résultats des analyses de sol donnent une cote d'efficacité très faible ou nulle aux apports de phosphore, l'application de toute source de phosphore doit être effectuée en se basant sur un indice-phosphore (se référer au logiciel NMAN, au *Cahier de gestion des éléments nutritifs* ou à la fiche technique du MAAARO, *Détermination de l'indice-phosphore dans un champ*, commande n° 05-068). L'indice-phosphore peut indiquer le risque relatif de contamination des eaux de surface selon les applications effectuées dans un secteur particulier du champ. Il définit également les doses maximales d'application, si du fumier a été épandu et il définit une distance de retrait minimale par rapport aux cours d'eau.

Certains sols argileux ou loams argileux sont naturellement riches en potassium et ne nécessitent donc aucun engrais potassique. Il est impossible de déterminer exactement les besoins d'une culture en potassium sans une analyse du sol.

### Magnésium

Le magnésium est un élément fertilisant qu'on trouve habituellement en abondance dans beaucoup de sols en Ontario. Bien que très rares, les sols dont la teneur en magnésium est inférieure à 20, selon les résultats d'analyses du MAAARO, ont besoin d'un apport de magnésium pour supporter la plupart des cultures. Lorsque le pH du sol est inférieur à 6,0, l'application de chaux dolomitique constitue le moyen le plus efficace et le plus économique de corriger une carence en magnésium. Utiliser la chaux dolomitique pour rajuster le pH du sol si le résultat de l'analyse démontre une teneur en magnésium inférieure à 100. Dans les sols plus riches en magnésium, utiliser

soit de la chaux dolomitique, soit de la chaux calcitique pour corriger le pH. Dans les sols où le pH est supérieur à 6,0 et où la concentration de magnésium est de 20 ou moins, l'apport de magnésium peut provenir de sulfate de magnésium ou de sulfate de magnésium potassique (mélange de sulfate de potassium et de sulfate de magnésium). Appliquer 30 kg de magnésium élémentaire soluble/ha (27 lb/ac). Soulignons que, en général, ces dernières solutions sont assez coûteuses comparativement à l'épandage de chaux dolomitique comme source de magnésium.

Puisque le potassium et le magnésium se font concurrence directe au niveau de l'absorption par les plantes, l'application de potasse peut entraîner une carence en magnésium ou aggraver une carence existante. On doit donc vérifier la teneur du sol en potassium et faire preuve de vigilance lorsqu'on fournit un engrais potassique à des sols pauvres en magnésium.

Sur un certain nombre de sols de l'Ontario, les cultures ont une concentration en magnésium tellement basse que la santé du bétail qui se nourrit de ces végétaux en souffre, même si la croissance des plantes ne semble nullement affectée. Dans de tels cas, il en coûte beaucoup moins cher de corriger la carence dans la ration du bétail que par la fertilisation du sol. Quoi qu'il en soit, on doit porter une attention particulière à la teneur du sol en potassium et ne pas ajouter au sol plus de potassium que la quantité recommandée par l'analyse de sol.

## Calcium

Les carences en calcium n'ont pas causé d'ennuis dans les sols de l'Ontario dont le pH convient aux grandes cultures. Un pH convenable est un indicateur fiable d'une teneur en calcium suffisante dans le sol.

## Soufre

Le soufre provenant des pluies acides et fourni par le fumier et la décomposition de la matière organique est généralement présent en quantité suffisante pour répondre aux besoins des cultures. Des carences en soufre ont déjà été signalées dans quelques champs du nord-ouest de l'Ontario, surtout dans des sols sableux à faible teneur en matière organique. Pour combler un apport en soufre, on aura recours à du sulfate de potassium ou du sulfate d'ammonium. On peut aussi utiliser du soufre élémentaire, mais il doit être oxydé sous la forme de sulfate pour que les végétaux puissent l'absorber. Il faut donc que l'application soit effectuée de 12 à 18 mois avant les semis d'une culture qui a besoin de soufre.

## Oligo-éléments

Épandre des oligo-éléments seulement lorsque l'expérience en démontre la nécessité ou sur les conseils d'une personne compétente. L'épandage au sol est généralement associé aux travaux de préparation du sol tandis que les pulvérisations foliaires se font durant la saison de croissance. Ajouter un produit mouillant-adhésif dans les bouillies d'oligo-éléments pulvérisées directement sur le feuillage.

**Tableau 9-5.** Interprétation des résultats sur le manganèse

Teneur du sol en manganèse <sup>1</sup>	Mesures suggérées
Supérieure à 30	La biodisponibilité du manganèse est adéquate pour les grandes cultures.
16 à 30	La biodisponibilité du manganèse est adéquate pour de nombreuses cultures mais s'approche des niveaux de carence pour l'avoine, l'orge, le blé et le soja. Si des symptômes de carence apparaissent, faire une pulvérisation de manganèse. Confirmer la situation au moyen d'une analyse des tissus végétaux.
Inférieure à 16	La biodisponibilité du manganèse est sans doute insuffisante pour l'avoine, l'orge, le blé et le soja. Faire une pulvérisation de manganèse au stade 4 feuilles puis répéter l'opération 3 semaines plus tard si nécessaire. Aucune carence en manganèse n'a été diagnostiquée dans le maïs en Ontario, même dans les sols qui présentent de graves carences pour le blé.

<sup>1</sup> Ces valeurs donnent un indice de la biodisponibilité du manganèse; elles sont fondées sur la quantité de manganèse extractible et sur le pH du sol.

Ne pas mélanger d'oligo-éléments dans des pulvérisations d'insecticide ou de fongicide, sauf si le fabricant mentionne que ces mélanges peuvent être faits.

## Manganèse

### Prévenir et corriger les carences en manganèse

La carence en manganèse présente comme symptôme principal une chlorose internervaire des feuilles, qui commence sur les jeunes feuilles. Plus tard, toute la plante peut être touchée. Dans les céréales, la carence en manganèse se manifeste par un jaunissement général et un rabougrissement, parfois avec des taches grises sur les feuilles. Le soja, le haricot comestible et les céréales sont les cultures les plus sensibles à la carence en manganèse.

Le manganèse est moins assimilable dans les sols à pH élevé. Il est donc important de ne pas ajouter plus de chaux que nécessaire pour corriger le degré d'acidité du sol. Pour plus de renseignements sur les produits et les doses à utiliser, se référer aux rubriques *Oligo-éléments* des chapitres sur les différentes cultures. L'interprétation des analyses de sol pour le manganèse est présentée au tableau 9-5, *Interprétation des résultats sur le manganèse*, sur cette page.

## Zinc

### Prévenir et corriger les carences en zinc

En Ontario, le maïs est la culture qui présente le plus de carences en zinc. On a signalé des carences en zinc dans les cultures de haricots dans d'autres régions, mais elles semblent être rares en Ontario. Une haute teneur en phosphore dans le sol ou dans l'engrais ou les deux peut causer une carence en zinc ou l'aggraver. **Appliquer seulement la dose recommandée de phosphore.** L'utilisation de fumier animal peut prévenir ou amoindrir les carences en zinc. La maîtrise de l'érosion peut éviter que la carence en zinc ne se produise en maintenant en place la couche arable du sol.

**Tableau 9-6.** Interprétation des résultats sur le zinc

Teneur du sol en zinc <sup>1</sup>	Mesures suggérées
Supérieure à 200	Il y a lieu de soupçonner une contamination de l'échantillon ou du champ.
25 à 200	La biodisponibilité du zinc est adéquate pour la plupart des grandes cultures.
15 à 25	La biodisponibilité du zinc est adéquate pour la plupart des grandes cultures. Cependant, elle est à peine suffisante pour le maïs. Si le champ n'est pas uniforme en ce qui concerne sa texture, son pH ou sa vulnérabilité à l'érosion, il peut s'avérer avantageux d'en traiter certaines parties avec du zinc. Des symptômes de carence au stade 4 à 6 feuilles signifient une carence certaine en zinc (voir <i>Zinc</i> , page précédente).
Inférieure à 15	Le sol ne renferme probablement pas assez de zinc pour le maïs et devrait en être enrichi au moyen d'un engrais.

<sup>1</sup> Ces valeurs donnent un indice de la biodisponibilité du zinc; elles sont fondées sur la quantité de zinc extractible et sur le pH du sol.

On évitera les carences en zinc en appliquant un engrais contenant du zinc, au taux de 4 kg/ha (3,6 lb/ac). Des doses jusqu'à 14 kg/ha (12,5 lb/ac) peuvent être épandues à la volée, ce qui permet de corriger une carence pour trois ans, mais toute dose supérieure à 4 kg/ha (3,6 lb/ac) ne devrait pas être appliquée en bandes. Les pulvérisations foliaires permettent parfois de corriger une carence après que les symptômes soient apparus pour autant qu'elles sont effectuées au début de la saison de croissance. L'interprétation des résultats sur le zinc se trouve au tableau 9-6, *Interprétation des résultats sur le zinc*, sur cette page.

## Cuivre

Les analyses de sol ne sont pas révélatrices de la teneur en cuivre des terres de l'Ontario, mais l'analyse des tissus végétaux donne cette information. Le cuivre est rarement déficient dans les sols minéraux excepté peut-être lorsque la terre est très sableuse. Il peut toutefois manquer dans les sols organiques, et l'analyse de tissus est le meilleur moyen de déceler cette carence. Lorsque des sols organiques sont mis en culture pour la première fois, il est préférable d'amender la terre au taux de 14 kg/ha (12,5 lb/ac) chaque année, les trois premières années.

## Bore

L'ajout de bore est nécessaire dans certains sols ensemencés de luzerne, surtout sur les terres sableuses ou graveleuses dont la capacité de rétention d'eau est faible. Les carences sont plus répandues au centre de l'Ontario que dans le reste de la province. Les carences en bore se produisent habituellement au cours des périodes sans pluie et la réponse au traitement est imprévisible. Voilà pourquoi aucune analyse de sol sûre n'a pu être mise au point jusqu'à maintenant. Par contre, l'analyse des tissus végétaux permet de prédire les besoins en bore, comme d'ailleurs le permettent les symptômes observés sur les plantes. Pour connaître les doses nécessaires dans le traitement des carences, se référer à *Oligo-éléments*, p. 68.

**Tableau 9-7.** Réduction des besoins en azote à la suite de l'enfouissement d'un engrais vert de légumineuses

Type de culture	Pour toutes les cultures, réduire le besoin en N de	
	kg/ha	lb/acre
Moins du 1/3 en légumineuses	0	0
1/3 à 1/2 en légumineuses	55	49
1/2 ou plus en légumineuses	110	100
Légumineuses vivaces semées et enfouies la même année	45 <sup>1</sup>	40 <sup>1</sup>
Residus de soya et de haricots de grande culture	0 <sup>2</sup>	0 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> S'applique là où le peuplement est dense et les plantes atteignent plus de 40 cm (16 po) de hauteur.  
<sup>2</sup> Pour toutes les cultures autres que le maïs. Pour réduire les besoins en engrais du maïs, se référer à *Feuille de calcul des doses d'azote pour le maïs*, p. 21.

Comme le bore est nécessaire en quantités infimes seulement et que les excès sont toxiques, l'utiliser avec beaucoup de circonspection. Aucune carence en bore n'a été constatée dans les céréales, les pois et les haricots en Ontario, et le bore appliqué sur ces cultures ou à d'autres cultures l'année précédente risque d'être toxique. Le bore ne devrait pas être appliqué en bandes.

## Fer et molybdène

Aucune carence en fer ni en molybdène n'a été signalée dans les grandes cultures en Ontario.

### Changements de culture ou de méthode culturale

Les recommandations basées sur une analyse de sol du MAAARO sont faites pour une culture précise et en fonction de méthodes culturales précises. Lorsqu'on enfouit des légumineuses ou qu'on épand du fumier, il faut adapter les recommandations en conséquence. Pour corriger les quantités nécessaires, consulter le tableau 9-7, *Réduction des besoins en azote à la suite de l'enfouissement d'un engrais vert de légumineuses*, sur cette page. Si l'on utilise le champ en question pour une autre culture que celle pour laquelle les recommandations ont été faites, on devra se baser sur les données du tableau correspondant dans le chapitre de la présente publication, consacré à cette culture.

### Réduction des quantités d'engrais recommandées

Les recommandations générales quant aux quantités d'engrais présentées dans ce manuel s'appliquent dans les cas où aucune source organique d'éléments nutritifs n'a été épandue sur le champ. Dans les cas où du fumier ou des biosolides ont été épandus, ou si des légumineuses sont enfouies, réduire la fertilisation afin de compenser l'apport d'éléments nutritifs sous forme organique.

## Fertilisation réduite après l'enfouissement de légumineuses

Lorsqu'ils sont enfouis, les résidus de légumineuses (luzerne, lotier, trèfle) constituent une source appréciable d'azote pour la culture suivante. Le tableau 9-7, *Réduction des besoins en azote à la suite de l'enfouissement d'un engrais vert de légumineuses*, page en regard, indique les réductions nécessaires dans les quantités d'azote recommandées pour les cultures qui suivent une prairie de légumineuses.

## Fertilisation réduite après l'épandage de fumier

Les nombreuses fermes d'élevage de l'Ontario génèrent annuellement plus de 33 millions de tonnes de fumier. Pour tirer parti des avantages économiques du fumier sans le faire au détriment de l'environnement, le producteur doit bien gérer les éléments nutritifs provenant de ce fertilisant.

## Évaluation des éléments nutritifs biodisponibles à partir de valeurs moyennes

La meilleure façon de déterminer la concentration de chaque élément nutritif dans le fumier est d'en faire analyser un échantillon. Malheureusement, il n'est pas toujours possible de le faire, comme dans le cas d'une nouvelle exploitation. Les valeurs moyennes fournissent alors une évaluation des éléments nutritifs biodisponibles pour la culture.

Le tableau 9-8, *Quantités moyennes d'azote, de phosphate et de potasse biodisponibles selon la source d'éléments nutritifs organiques*, page suivante, fournit une estimation des éléments nutritifs biodisponibles contenus dans divers types de fumier. Les valeurs indiquées sont basées sur les résultats moyens obtenus à partir d'analyses de fumiers dans les cinq laboratoires accrédités de l'Ontario. L'azote est indiqué sous sa forme biodisponible selon les périodes ou les méthodes d'épandage. Les quantités de phosphate et de potasse assimilables dans les différents fumiers correspondent aux quantités d'éléments nutritifs assimilables qu'ils contiennent et qui peuvent remplacer les éléments apportés par des engrais. Ces valeurs peuvent être utilisées comme point de départ pour calculer les crédits d'éléments nutritifs provenant du fumier.

La biodisponibilité de l'azote du fumier dépend des proportions d'azote ammoniacal et d'azote organique qui s'y trouvent, ainsi que de l'époque de l'année durant laquelle sont effectués l'épandage et l'incorporation. L'azote ammoniacal du fumier a la même composition chimique que l'azote que l'on retrouve dans bon nombre d'engrais minéraux et il est immédiatement assimilable par la culture. Malheureusement, l'azote ammoniacal est également susceptible de se volatiliser si le fumier n'est pas enfoui immédiatement. Le reste de l'azote du fumier est présent sous forme organique et devient graduellement assimilable par la culture à mesure que les composés organiques se décomposent.

On peut obtenir des estimations plus précises des éléments nutritifs biodisponibles en tenant compte de l'époque et des conditions de l'épandage, ainsi que du délai d'incorporation. Pour plus de détails, consulter la feuille de travail, *Calcul des*

*éléments nutritifs assimilables à partir de l'analyse du fumier épandu au printemps*, page 168, ou le logiciel NMAN.

## Gestion des fumiers

### Valeur du fumier

On sous-estime souvent la valeur du fumier pour les cultures. Le fumier renferme tous les éléments nutritifs nécessaires aux végétaux, mais pas nécessairement dans les proportions voulues, compte tenu des conditions des sols et des cultures. Le fumier contient de l'azote, du phosphore et du potassium, et aussi de nombreux éléments nutritifs secondaires et oligo-éléments, ainsi que de la matière organique qui contribue à donner au sol sa structure et à la maintenir.

### Exemple

Un producteur épand 45 000 litres par hectare (4000 gallons à l'acre) de fumier liquide provenant de porcs d'engraissement au printemps, et enfouit le fumier dans le sol dans les 24 heures qui suivent l'épandage.

Engrais	Quantité équivalente	Prix/kg <sup>1</sup>	Valeur/ha
Azote	153 kg/ha ×	1,90	= 290,70 \$
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	66 kg/ha ×	2,50	= 165,00 \$
K <sub>2</sub> O	96 kg/ha ×	1,50	= 144,00 \$
<b>Valeur totale à l'hectare</b>			<b>= 599,70 \$</b>

La quantité équivalente d'engrais commercial peut être calculée à partir du tableau 9-8, *Quantités moyennes d'azote, de phosphate et de potasse biodisponibles selon la source d'éléments nutritifs organiques*, page suivante, et du tableau 9-13, *Résultats typiques d'une analyse de fumier, en fonction du type d'animaux (poids humide)*, p. 167. Compte tenu des prix suggérés des engrais commerciaux figurant dans ce tableau, la valeur approximative du fumier est de 600 \$/ha (243 \$/acre), si l'on présume que la culture a besoin de tous les éléments nutritifs présents.

<sup>1</sup> Prix selon les coûts moyens des engrais commerciaux en 2008.

## Plans de gestion des éléments nutritifs

Le plan de gestion des éléments nutritifs tient compte d'une part, des besoins de la culture, et d'autre part, des éléments nutritifs présents dans le sol ainsi que de ceux qui proviennent du fumier, des plantes couvre-sol et de l'engrais commercial. On détermine donc les doses de fumier et d'engrais commercial requises à partir de l'analyse de la teneur du fumier en éléments nutritifs, des résultats des analyses de sol et des exigences de la culture.

Le plan de gestion des éléments nutritifs peut exiger des doses de fumier ou d'engrais moindres si l'application comporte certains risques, comme ci-dessous :

Critère	Risque
Azote	Lessivage des nitrates dans les eaux souterraines.
Phosphore	Déplacement des phosphates vers les eaux de surface.
Volume de liquide	Ruissellement direct, renfermant de l'ammoniac, des phosphates et des agents pathogènes.



**Tableau 9-8.** Quantités moyennes d'azote, de phosphate et de potasse biodisponibles selon la source d'éléments nutritifs organiques

Type	Matière sèche	N biodisponible			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> biodisponible	K <sub>2</sub> O biodisponible
		Automne <sup>1</sup>	Printemps <sup>2</sup>	Injection (printemps) <sup>3</sup>		
Matières liquides	%	kg/l 000 L (lb/l 000 gal)				
Porcs – finition	7,6	3,1 (30,7)	3,8 (38,2)	4,9 (49,4)	2,1 (21)	3,2 (32)
Porcs – porcelets sevrés	3,0	1,6 (15,8)	2,0 (19,9)	2,6 (25,7)	1,3 (13)	1,7 (17)
Porcs – porcelets en sevrage précoce	2,2	1,3 (12,5)	1,5 (14,8)	1,9 (18,9)	0,6 (5,5)	1,4 (14)
Porcs – truies sèches	1,9	1,3 (13,0)	1,8 (18,3)	2,4 (24,1)	0,9 (9,2)	1,2 (12)
Bovins laitiers : fumier liquide (valeurs moyennes)	8,4	1,4 (14,4)	1,5 (15,4)	1,9 (19,2)	0,8 (7,7)	2,6 (26)
Bovins laitiers 10–18 %	14	2,0 (20,1)	2,0 (19,7)	2,4 (24,2)	1,3 (13)	3,4 (34)
Bovins laitiers 6–10 %	8,0	1,5 (14,8)	1,6 (16,2)	2,0 (20,2)	0,7 (6,9)	2,6 (26)
Bovins laitiers 2–6 %	4,4	1,0 (9,8)	1,2 (11,6)	1,5 (14,7)	0,5 (5,0)	2,0 (20)
Bovins de boucherie : fumier liquide (valeurs moyennes)	7,9	1,3 (12,7)	1,4 (13,6)	1,7 (16,9)	0,7 (7,3)	2,3 (23)
Bovins de boucherie 10–18 %	15	2,0 (19,7)	1,9 (19,1)	2,3 (23,3)	1,2 (12)	3,6 (36)
Bovins de boucherie 6–10 %	7,8	1,4 (13,5)	1,5 (14,5)	1,8 (18,2)	0,7 (7,2)	2,2 (22)
Bovins de boucherie 2–6 %	3,8	0,9 (8,6)	1,1 (10,6)	1,4 (13,6)	0,5 (4,5)	1,6 (16)
Ruissellement 0–2 %	0,7	0,2 (2,1)	0,3 (2,7)	0,4 (3,5)	0,1 (1,0)	0,9 (9,2)
Volailles – fumier liquide (valeurs moyennes)	11	4,2 (41,8)	5,0 (49,6)	6,4 (63,5)	14 (28)	16 (32)
Biosolides (digestion aérobie)	2,0	0,5 (5,0)	0,4 (4,1)	0,4 (4,4)	0,6 (5,5)	0
Biosolides (digestion anaérobie)	4,4	1,2 (11,8)	1,2 (11,8)	1,4 (13,8)	1,3 (13)	0
Matières solides		kg/t (lb/t.c.)				
Porcs – fumier solide (valeurs moyennes)	30	3,1 (6,1)	3,6 (7,2)	4,3 (8,6)	4,3 (8,5)	6,0 (12)
Bovins laitiers 18–30 %	21	1,7 (3,4)	2,1 (4,2)	2,4 (4,8)	1,5 (3,0)	5,0 (10)
Bovins laitiers 30 % +	39	2,0 (3,9)	2,1 (4,1)	2,3 (4,5)	1,6 (3,1)	5,5 (11)
Bovins de boucherie 30 % +	38	2,9 (5,7)	2,4 (4,8)	2,7 (5,3)	3,5 (6,9)	8,0 (16)
Bovins de boucherie 18–30 %	24	1,9 (3,8)	1,9 (3,7)	1,2 (4,2)	1,5 (3,0)	5,0 (10)
Chevaux (valeurs moyennes)	37	1,5 (3,0)	1,4 (2,8)	1,6 (3,1)	1,4 (2,8)	4,7 (9,3)
Moutons (valeurs moyennes)	34	3,2 (6,4)	3,8 (7,5)	4,5 (8,9)	2,6 (5,2)	8,4 (16,7)
Volailles – poudeuses	34	8,7 (17,4)	9,3 (18,6)	11,3 (22,5)	8 (16)	8,5 (17)
Volailles – poulettes	48	12,2 (24,5)	12,7 (25,3)	14,5 (28,9)	13 (25)	15 (29)
Volailles – poulets à griller	68	10,8 (21,6)	11,3 (22,5)	12,4 (24,7)	13 (25)	17 (33)
Biosolides déshydratés	32	11,3 (22,6)	12,3 (25,6)	13,7 (27,3)	12 (24)	1,2 (2,4)

<sup>1</sup> Épandage en fin d'automne ou épandage tôt en saison avec culture couvre-sol.

<sup>2</sup> Épandage printanier avec enfouissement dans les 24 heures qui suivent.

<sup>3</sup> Injection ou enfouissement immédiat en presumant une répartition homogène du fumier.

## Biodisponibilité de l'azote provenant du fumier

La quantité d'azote du fumier, assimilable par les cultures, dépend des caractéristiques du fumier, de l'époque de l'épandage et du délai d'incorporation dans le sol. Ces caractéristiques sont notamment la teneur en azote total, la proportion d'azote sous forme minérale (ammoniacale) et sous forme organique, ainsi que le taux de décomposition de la matière organique qui libère l'azote sous une forme minérale.

## Azote minéral provenant du fumier

L'azote ammoniacal (NH<sub>3</sub>-N) est directement assimilable par les cultures, tout comme l'azote contenu dans les engrais minéraux, mais il est également susceptible de se volatiliser. Le fumier de divers types d'élevages comporte des proportions variables d'azote organique et d'azote ammoniacal. Le fumier liquide contient une proportion plus élevée d'azote sous forme ammoniacale que le fumier solide. On peut déterminer les proportions respectives d'azote ammoniacal et d'azote organique par analyse du fumier, ou par approximation à partir des valeurs fournies au tableau 9-9, *Proportions approximatives d'azote ammoniacal par rapport à l'azote total par type de fumier*, page en regard.



**Tableau 9-9.** Proportions approximatives d'azote ammoniacal par rapport à l'azote total par type de fumier

Type de fumier	N ammoniacal <sup>2</sup>
<b>Fumier liquide<sup>1</sup></b>	
Lisier – porcs	66 %
Fumier liquide – bovins laitiers	42 %
Fumier liquide – bovins de boucherie	43 %
Fumier liquide – volailles	67 %
<b>Fumier solide</b>	
Fumier solide – porcs	26 %
Fumier solide – bovins laitiers	21 %
Fumier solide – bovins de boucherie (litière abondante)	12 %
Fumier solide – chevaux	15 %
Fumier solide – volailles (poulets à griller)	6 %
Fumier solide – volailles (pondeuses)	46 %
Fumier composté – bovins	0,6 %
Biosolides municipaux	
Biosolides d'épuration (digestion aérobie)	1,6 %
Biosolides d'épuration (digestion anaérobie)	35 %
Biosolides d'épuration déshydratés	12 %
Biosolides d'épuration stabilisés à la chaux	trace
Biosolides d'usine de papier	trace
Compost de résidus de champignons	5 %

Source : logiciel NMAN

<sup>1</sup> La teneur en azote ammoniacal augmente avec la proportion de liquide.

<sup>2</sup> Le reste de l'azote est sous forme organique.

Dès l'épandage du fumier dans le champ, l'azote ammoniacal commence à se volatiliser dans l'air. Le processus se poursuit jusqu'à ce que le fumier passe dans le sol, soit par enfouissement ou à cause de la pluie, ou jusqu'à ce que l'ammonium du fumier devienne si appauvri qu'il est stable. Les fumiers qui sont enfouis rapidement fournissent beaucoup plus d'azote à la culture. Le taux de volatilisation de l'azote ammoniacal dépend du degré d'humidité du sol et des conditions climatiques au moment de l'épandage. L'azote ammoniacal sera davantage absorbé par l'eau du sol lorsque ce dernier est humide; les températures douces augmentent les pertes d'azote ammoniacal par volatilisation. Le tableau 9-10, *Pourcentage estimatif des pertes d'azote ammoniacal attribuables aux conditions atmosphériques et aux conditions du sol*, sur cette page, donne une idée des pertes sous diverses conditions.

L'azote ammoniacal résiduel est assimilable par la culture; en l'absence de culture, cet azote se perd dans l'environnement.

### Azote organique provenant du fumier

L'azote organique n'est assimilable par la culture qu'après avoir été minéralisé sous forme ammoniacale par l'action microbienne. L'ampleur de la minéralisation dépend du type de fumier, puisque dans certains cas la matière organique qu'il contient met plus de temps à se décomposer. En général, l'azote organique devient plus rapidement biodisponible s'il provient de fumier d'animaux nourris avec des concentrés plutôt que

**Tableau 9-10.** Pourcentage estimatif des pertes d'azote ammoniacal attribuables aux conditions atmosphériques et aux conditions du sol

	Moyenne	Frais (< 10 °C)		Doux (> 25 °C)	
Jours après l'épandage		Humide	Sec	Humide	Sec
<b>Printemps</b>					
Enfoui le même jour	25	10	15	25	50
Enfoui dans les 2 jours	30	13	19	31	57
Enfoui dans les 3 jours	35	15	22	38	65
Enfoui dans les 4 jours	40	17	26	44	73
Enfoui dans les 5 jours	45	20	30	50	80
Non enfoui	66	40	50	75	100
Injecté (couvert)	0	0	0	0	0
<b>Été/début automne (enfoui ou non)</b>					
Sol dénudé	66	40	50	75	90
Résidus de culture	50	30	35	60	70
Culture sur pied (sous le couvert végétal)	35	25	25	40	50
Épandage en fin d'automne	25	25	25	s.o.	s.o.

Adaptation d'un tableau de Beauchamp, Université de Guelph, 1995.

des fourrages. Le tableau 9-11, *Pourcentage estimatif des pertes d'azote organique biodisponible pendant l'année de l'application*, page suivante, donne les pourcentages approximatifs d'azote disponible provenant de la portion organique du fumier. La minéralisation cesse presque complètement lorsque les températures du sol se rapprochent du point de congélation et se produit plus rapidement par temps chaud et en présence d'humidité, c'est-à-dire à des conditions qui favorisent la croissance microbienne. L'azote de fumier solide épandu juste avant les semis pourrait ne pas être assimilable à temps pour répondre aux besoins de la culture.

L'azote ammoniacal, qu'il soit appliqué directement ou provienne de la minéralisation de l'azote organique, est converti en nitrates par l'activité microbienne dans le sol. Contrairement à l'azote ammoniacal qui se lie aux particules du sol, l'ion nitrate peut se déplacer librement avec l'eau du sol.

La perte de l'azote des nitrates par lessivage ou dénitrification du sol se produit si le fumier (surtout le fumier liquide riche en  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) est épandu en été ou au début de l'automne. La quantité perdue dépend de la quantité de nitrates produite, qui à son tour dépend de la durée requise pour convertir l'azote ammoniacal et l'azote organique en nitrates. Les épandages de fumier à la fin de l'été peuvent occasionner de plus grandes pertes de nitrates que l'épandage de fumier effectué juste avant le gel ou au printemps.

Les cultures couvre-sol peuvent contribuer à retenir l'azote du fumier épandu l'été ou au début de l'automne.

**Tableau 9-11.** Pourcentage estimatif des pertes d'azote organique biodisponible pendant l'année de l'application

Type de fumier	%
Fumier liquide – volailles	0,3
Fumier liquide – tous les autres	0,2
Biosolides liquides et solides	0,3
Fumier solide – volailles/visons /renards	0,3
Fumier solide – porcs	0,25
Fumier solide – < 50% MS	0,15
Fumier solide – > 50 % MS <sup>a</sup>	0,05

Le tableau 9-12, *Proportion d'azote biodisponible provenant de fumier épandu à la fin de l'été et en automne*, sur cette page, présente les résultats d'essais au champ avec certains types de fumier, qui visent à établir la quantité d'azote biodisponible l'année suivante. Pour évaluer la quantité d'azote assimilable par la culture, multiplier la quantité d'azote présente dans le fumier épandu au champ par le facteur de biodisponibilité selon le type de fumier et l'époque d'épandage. Si, par exemple, 45 000 L/ha (4000 gal/ac) de fumier liquide de pores de finition sont épandus en fin d'été, fournissant 285 kg/ha (256 lb/ac) d'azote total, réduire l'apport d'engrais azoté pour la culture suivante à 57 kg/ha (51 lb/ac) (285 lb/ac d'azote total x 0,2 facteur de biodisponibilité).

Le tableau 9-12 tient compte de la volatilisation de l'azote ammoniacal, de la minéralisation de l'azote organique et de la perte des nitrates par dénitrification ou lessivage. Une grande partie de l'azote ammoniacal se volatilise si on laisse le fumier à la surface du sol; la proportion d'azote assimilable par la culture est donc plus grande si le fumier est enfoui. On a tenté d'évaluer les proportions d'azote sous formes organique et ammoniacale (se référer au tableau 9-9, p. 165) et la biodisponibilité de l'azote organique. L'urée est incluse à titre d'exemple de la façon dont la biodisponibilité de l'azote compris dans l'engrais se compare à celle du fumier. Ces facteurs peuvent être utilisés en combinaison avec les résultats des analyses de fumier; on peut également utiliser les valeurs qui figurent au tableau 9-13, *Résultats typiques d'une analyse de fumier, en fonction du type d'animaux*, page en regard, afin d'évaluer la biodisponibilité de l'azote.

## Analyse du fumier

Il est nécessaire de faire analyser le fumier étant donné que sa teneur en éléments nutritifs varie d'une ferme à l'autre, particulièrement au niveau des concentrations de phosphore et de potasse. Le type d'élevage, la ration, la litière, les liquides qui s'ajoutent au fumier et le mode de stockage de ce dernier sont autant de facteurs qui influent en fin de compte sur les concentrations d'éléments nutritifs. Les teneurs en phosphore sont généralement plus élevées dans les fumiers solides, alors que celles du potassium le sont dans la portion liquide; on conclut donc que le degré d'agitation aura un effet sur les quantités d'éléments nutritifs épandues. Les modifications apportées aux doses d'engrais en fonction de l'analyse des fumiers seront plus précises que celles qui sont basées sur des valeurs moyennes.

**Tableau 9-12.** Proportion d'azote biodisponible provenant de fumier épandu à la fin de l'été et en automne

Époque d'épandage	Azote biodisponible <sup>1,2</sup>				
	Enfoui (< 24 heures)		Non enfoui <sup>3</sup>		
	Fin de l'été	Début d'automne	Fin de l'automne	Début d'automne	Fin de l'automne
Urée (N commercial)	0,1	0,2	0,5	0,1	0,4
Fumier solide – bovins/moutons	0,3	0,3	0,3	0,25	0,2
Fumier solide – volailles	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3
Fumier liquide – bovins	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4
Fumier liquide – porcs	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3
Biosolides sous forme liquide	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4

Source : Adaptation de Barry et coll., Université de Guelph, 2000.

N biodisponible du fumier = N total du fumier épandu x N biodisponible (valeur du tableau 4).

<sup>1</sup> En présumant qu'il s'agit d'une culture semée au printemps.

<sup>2</sup> Tient compte des pertes d'ammoniac par volatilisation et de la minéralisation de l'azote organique.

<sup>3</sup> Dans le cas du fumier enfoui dans les 3 jours suivant l'épandage, utiliser une moyenne, soit (la valeur pour le fumier enfoui + la valeur pour le fumier non enfoui) ÷ 2.

Des teneurs en azote, phosphore ou oligo-éléments du fumier qui se révèlent supérieures à la moyenne peuvent indiquer que les concentrations de ces éléments dans la ration sont plus élevées que ce qui est nécessaire. L'apport d'acides aminés pour contrebalancer l'azote, la diminution de la quantité de phosphore dans les suppléments minéraux ou l'ajout de phytase (une enzyme qui augmente l'efficacité du phosphore chez l'animal) sont des exemples de méthodes qui permettent de réduire les teneurs de ces éléments nutritifs dans le fumier. Il est conseillé de consulter un nutritionniste animal avant de modifier les rations.

Plusieurs laboratoires en Ontario offrent des services d'analyse du fumier. Prélever les échantillons après avoir bien agité ou mélangé le fumier, chaque fois que la cellule de stockage est vidée (p. ex., au printemps et à l'automne). Après plusieurs analyses, il se dégagera une tendance dans les résultats et l'échantillonnage pourra n'être fait par la suite que lors de changements majeurs au niveau de la ration ou des méthodes de gestion.

Pour envoyer un échantillon au laboratoire, remplir la moitié d'un contenant en plastique, le fermer, l'insérer dans un sac de plastique et le garder dans un endroit frais jusqu'au moment de l'expédier. L'analyse doit porter sur l'azote total, l'azote ammoniacal (NH<sub>3</sub>-N), le phosphore, le potassium et la matière sèche. Les résultats d'analyse transmis par les laboratoires de l'Ontario indiquent les pourcentages d'azote, de phosphore, de potassium et de matière sèche ainsi que la quantité d'azote ammoniacal en mg/kg (ou ppm). La plupart des rapports convertissent les pourcentages de phosphore et de potassium provenant du fumier en équivalents de phosphate et de potasse. Par ailleurs, les rapports indiquent souvent dans quelle mesure il faut réduire les apports d'engrais commerciaux.

**Tableau 9-13.** Résultats typiques d'une analyse de fumier, en fonction du type d'animaux (poids humide)

Fourchette de MS	Solide ou liquide	MS moy. %	N total %	Teneur totale en éléments nutritifs (tel quel)		
				NH <sub>4</sub> -N <sup>1</sup>	P	K
				%	%	%
<b>Porcs</b>						
Fumier solide (moyenne)	S	30	0,90	0,27	0,46	0,56
Fumier liquide (moyenne)	L	3,7	0,40	0,27	0,13	0,18
Porcs de finition	L	7,6	0,64	0,45	0,23	0,30
Porcelets sevrés	L	3,0	0,33	0,23	0,14	0,16
Truies	L	2,2	0,26	0,17	0,06	0,13
Truies sèches	L	1,9	0,27	0,23	0,10	0,11
<b>Bovins laitiers</b>						
Fumier solide (moyenne)	S	25	0,59	0,12	0,17	0,49
30 % +	S	39	0,65	0,08	0,17	0,53
18-30 %	S	21	0,57	0,13	0,16	0,48
Fumier liquide (moyenne)	L	8,4	0,35	0,15	0,08	0,24
10-18 %	L	14	0,49	0,18	0,14	0,32
6-10 %	L	8,0	0,36	0,16	0,07	0,24
2-6 %	L	4,4	0,24	0,12	0,05	0,19
<b>Bovins de boucherie</b>						
Fumier solide (moyenne)	S	28	0,74	0,10	0,24	0,57
30 % +	S	38	0,95	0,10	0,38	0,74
18-30 %	S	24	0,63	0,11	0,16	0,48
Fumier liquide moyenne	L	7,9	0,31	0,13	0,08	0,22
10-18 %	L	15	0,48	0,17	0,13	0,33
6-10 %	L	7,8	0,33	0,15	0,08	0,20
2-6 %	L	3,8	0,21	0,12	0,05	0,15
<b>Ruissellement</b>						
0-2 %	L	0,7	0,05	0,03	0,01	0,09
<b>Chevaux</b>						
Moyenne	S	37	0,50	0,07	0,15	0,43
<b>Moutons</b>						
Moyenne	S	34	0,80	0,23	0,28	0,78
80 % +	S	85	3,36	0,21	1,69	1,74
<b>Volailles</b>						
Pondeuses	S	34	1,93	0,78	0,89	0,80
Poulettes	S	48	3,14	0,72	1,36	1,35
Poulets à griller	S	68	3,09	0,44	1,33	1,52
Fumier liquide (moyenne)	L	11	0,82	0,56	0,30	0,30
<b>Biosolides</b>						
De digestion aérobie	L	2,0	0,12	0,01	0,06	0
De digestion anaérobie	L	4,4	0,28	0,08	0,14	0
Deshydratés	S	32	3,76	0,34	1,31	0,11

Pour convertir les % en ppm, multiplier par 10 000.

Pour plus de renseignements sur l'interprétation des analyses de fumier, voir le *Calcul des éléments nutritifs assimilables à partir de l'analyse du fumier épandu au printemps*, page suivante. On

peut obtenir une estimation plus exacte des éléments nutritifs biodisponibles du fumier épandu en tenant compte des résultats d'analyse du fumier et des conditions qui prévalaient au moment de l'épandage.

### Pertes d'éléments nutritifs du fumier

L'azote présent dans le fumier est présent sous deux formes différentes. L'azote ammoniacal constitue la principale source d'azote des fumiers liquides. Le tableau 9-9, *Proportions approximatives d'azote ammoniacal par rapport à l'azote total par type de fumier*, p. 165, indique les pourcentages approximatifs de cette forme d'azote par type d'élevage. L'azote organique devient assimilable au fur et à mesure que la matière organique se décompose, un peu à la manière d'un engrais azoté à libération lente. On estime qu'environ 20 à 30 % de l'azote organique du fumier est assimilable par la culture en croissance l'année de l'épandage. Le pourcentage est généralement plus élevé dans le fumier de volailles et plus faible dans le fumier de ruminants.

L'azote ammoniacal est immédiatement assimilable par la culture en croissance. Il s'agit cependant du type d'azote qui se volatilise le plus rapidement, à moins qu'il ne soit enfoui peu après son application. L'humidité du sol et les conditions météorologiques déterminent la rapidité et l'ampleur des pertes d'azote. On constate que les pertes sont les plus élevées les jours chauds et ensoleillés quand les sols sont secs, et que les pertes sont plus faibles par temps est couvert et froid (< 10 °C), lorsque les sols sont détrempés ou durant les périodes de pluie. Le tableau 9-10, *Pourcentage estimatif des pertes d'azote ammoniacal attribuables aux conditions atmosphériques et aux conditions du sol*, p. 165, donne une idée des pertes attribuables aux conditions atmosphériques et aux conditions du sol, uniquement pour l'azote ammoniacal du fumier. Lorsque le fumier est épandu à la fin de l'automne, les pertes semblent faibles puisque les températures fraîches diminuent l'action microbienne du sol, ce qui minimise la conversion. Les pertes peuvent être plus élevées à cause du ruissellement des applications de fin d'automne, surtout si le fumier n'est pas enfoui. *Atténuation des risques liés à l'azote*, p. 172, traite des pertes d'azote par lessivage et dénitrification.

Le tableau 9-11, *Pourcentage estimatif des pertes d'azote organique biodisponible pendant l'année de l'application*, page en regard, donne les pourcentages approximatifs d'azote assimilable provenant de l'azote organique du fumier par type d'élevage.

### Valeur à long terme du fumier

L'analyse du sol est le meilleur moyen d'évaluer la biodisponibilité à long terme du phosphore (P), du potassium (K), du magnésium, du zinc ou du manganèse provenant d'épandages antérieurs de fumier. À la longue, l'épandage de grandes quantités de fumier peut amener de fortes concentrations de P et de K assimilables dans le sol. Le fumier apporte aussi de la matière organique et d'autres éléments nutritifs qui contribuent à améliorer la structure du sol et son pouvoir tampon.

## Calcul des éléments nutritifs assimilables à partir de l'analyse du fumier épandu au printemps

Utiliser les mêmes unités tout au long du calcul. Certains rapports donnent les teneurs en azote ammoniacal en ppm (mg/kg, mg/L), et d'autres les donnent en pourcentage. Pour convertir les ppm en pourcentages, diviser par 10 000.

<b>Azote biodisponible<sup>1</sup></b>	<b>Phosphore biodisponible<sup>2</sup></b>	<b>Potasse biodisponible<sup>2</sup></b>
<b>A.</b> Azote total	<b>H.</b> Phosphore total	<b>K.</b> Potassium total
<b>B.</b> Azote ammoniacal	<b>I.</b> Phosphore biodisponible (H x 0,4)	<b>L.</b> Potassium biodisponible (K x 0,9)
<b>C.</b> Azote organique <sup>3</sup> (A – B)	<b>J.</b> Phosphate biodisponible (I x 2,29)	<b>M.</b> Potasse biodisponible (L x 1,2)
<b>D.</b> Pertes d'ammoniac (B x facteur tiré du tableau 9–10, page 165)		
<b>E.</b> Azote ammoniacal biodisponible (B – D)		
<b>F.</b> Azote organique biodisponible (C x facteur tiré du tableau 9–11, page 166)		
<b>G.</b> N total biodisponible (E + F) <sup>4</sup>		

Pour valeurs en pourcentage :

<b>Pour obtenir :</b>	<b>Multiplier par :</b>
kg/1000 L	10
lb/1000 gal	100
kg/t	10
lb/t.c.	20

<sup>1</sup> On calcule l'azote biodisponible en soustrayant de l'azote ammoniacal épandu l'ammoniac perdu par volatilisation (dans l'air) et en y ajoutant l'azote minéralisé depuis l'azote organique du fumier.

<sup>2</sup> Calculer les réductions des doses de phosphate et de potasse en déterminant la partie assimilable du P total et du K total contenue dans le fumier (40 % dans le cas du phosphore et 90 % dans le cas du potassium) et en multipliant par un certain facteur pour faire la conversion de la forme élémentaire à la forme oxydée (les teneurs en éléments nutritifs dans les engrais sont exprimées sous la forme oxydée). Au cours de l'année de l'épandage, 40 % de l'élément nutritif est biodisponible et un autre 40 % est assimilable l'année suivante.

<sup>3</sup> L'azote organique représente aussi un crédit d'azote pendant plusieurs années après l'épandage : 10 % de l'azote est assimilable la 2<sup>e</sup> année; 5 %, la 3<sup>e</sup> année, et 2 %, la 4<sup>e</sup> année.

<sup>4</sup> Pour estimer l'azote biodisponible selon que le fumier a été épandu l'été ou l'automne, multiplier l'azote total par le facteur correspondant du tableau 9-12. Proportion d'azote biodisponible provenant de fumier épandu à la fin de l'été et en automne, page 166.

**Exemple :** Du fumier de bovins laitiers est épandu au printemps au taux de 5 000 gal/ac dans des conditions fraîches et sèches, avant les semis de maïs (enfouissement dans les trois jours qui suivent).

La teneur en MS du fumier est de 7 %; la teneur en N total est de 0,65 %; celle de l'azote ammoniacal est de 0,35 % du P total, 0,2 %, et du K total, 0,3 % (tel quel).

Azote biodisponible		Phosphate biodisponible		Potasse biodisponible	
<b>A.</b> Azote total	0,65	<b>H.</b> Phosphore total	0,2	<b>K.</b> Potassium total	0,3
<b>B.</b> Azote ammoniacal	0,35	<b>I.</b> Phosphore biodisponible (0,2 x 0,4)	0,08	<b>L.</b> Potassium biodisponible (0,3 x 0,9)	0,27
<b>C.</b> Azote organique (0,65 - 0,35)	0,30	<b>J.</b> Phosphate biodisponible (0,08 x 2,29)	0,18	<b>M.</b> Potasse biodisponible (0,27 x 1,2)	0,32
<b>D.</b> Pertes d'azote ammoniacal (0,35 x 0,38)	0,13				
<b>E.</b> Azote ammoniacal biodisponible (0,35 - 0,13)	0,22				
<b>F.</b> Azote organique biodisponible (0,30 x 0,20)	0,06				
<b>G.</b> Azote total biodisponible (0,22 + 0,06)	0,28				
Éléments nutritifs lb/1000 gal	28		18		32

On peut consulter cette feuille de travail en format électronique dans le logiciel NMN du MAAARO ou sous forme de feuille de calcul à [www.gocorn.net](http://www.gocorn.net).

La plus grande partie de l'azote biodisponible qu'on retrouve dans le fumier est utilisée par les plantes ou se perd durant la première saison de croissance qui suit l'épandage. L'azote organique restant devient assimilable en petites quantités, lesquelles diminuent graduellement au cours des années suivantes. En général, la quantité d'azote résiduel provenant d'une application est trop faible pour avoir une incidence réelle sur les recommandations d'azote visant une culture. Cependant, lorsque du fumier solide est régulièrement épandu dans un champ, la concentration d'azote résiduel biodisponible peut atteindre un niveau important. Faire régulièrement analyser la teneur du sol

en P et en K afin de mesurer les concentrations résiduelles de ces éléments, qui proviennent des épandages de fumier.

### Besoin des cultures

Ce sont les résultats des analyses de sol et les objectifs de rendement qui déterminent en fait les doses maximales d'épandage de fumier et d'engrais additionnels qu'il est rentable d'utiliser. Il arrive souvent que les résultats des analyses de sol des exploitations d'élevage démontrent que le niveau de fertilité du sol est suffisant ou élevé et qu'aucun apport supplémentaire n'est requis.



Au lieu de calculer les doses d'épandage du fumier en fonction des résultats d'analyse de sol, on peut procéder en se basant sur les quantités d'éléments nutritifs prélevés par la culture et comparer ces dernières aux quantités de phosphore et d'azote provenant du fumier. Cette méthode devrait théoriquement faire en sorte que la fertilité du sol se maintient. Le tableau 9-14, *Prélèvement moyen d'éléments nutritifs (N, P, K) par certaines grandes cultures*, page suivante, permet de calculer l'utilisation moyenne des éléments nutritifs pour diverses cultures.

Si les épandages de fumier visent à combler tous les besoins en azote d'une culture de maïs, on se retrouve habituellement avec des concentrations de P et de K supérieures à ce que peut assimiler la culture, si bien que l'analyse de sol révélera une augmentation des concentrations de ces éléments nutritifs. Dans le cas du fumier liquide, on considère comme un compromis raisonnable d'en épandre suffisamment pour répondre aux deux tiers ou aux trois quarts des besoins en azote de la culture de maïs. Dans le cas du fumier solide, étant donné la forte teneur en carbone de la litière, la libération d'azote est beaucoup moins prévisible. Compte tenu de la difficulté à épandre uniformément aussi bien le fumier solide que le liquide, il est encore recommandé de recourir à un engrais de démarrage, sauf lorsque les résultats de l'analyse de sol révèlent qu'aucun apport d'éléments nutritifs n'est nécessaire.

On doit tenir compte de l'azote résiduel provenant des cultures de légumineuses au moment d'analyser la pertinence d'un apport supplémentaire d'azote provenant de fumier ou d'engrais (voir le tableau 9-7, *Réduction des besoins en azote à la suite de l'enfouissement d'un engrais vert de légumineuses*, p. 162). Épandre judicieusement le fumier sur des cultures de céréales, de soja ou de canola, étant donné qu'un taux d'application trop élevé augmente l'incidence de la verse. Pour les épandages d'été sur des récoltes sur pied comme le maïs ou les fourrages, les taux doivent être maintenus sous les 45 000 L/ha (4 000 gal/ac) ou 55 kg/ha (55-60 lb/ac). Effectuer les épandages sur les cultures fourragères aussitôt que possible après la récolte afin d'éviter les dommages aux nouvelles pousses, dus au passage des roues, ainsi que les risques de brûlure des nouvelles feuilles par l'azote. Les peuplements de fourrages plus avancés qui rentrent davantage de graminées sont ceux qui profitent le plus de l'azote du fumier. Ne pas épandre de fumiers concentrés à forte teneur en azote ammoniacal (par exemple du fumier liquide de poules pondeuses ou du fumier concentré provenant de porcs de finition) sur des récoltes sur pied.

Bon nombre de producteurs sont aux prises avec des problèmes de compactage et c'est ce qui explique pourquoi les épandages de fumier en fin d'été ou au début de l'automne sont si populaires. Le compactage complique le drainage et nuit à l'aération du sol. Le meilleur moyen d'atténuer ou d'éviter le compactage du sol est d'épandre le fumier lorsque le sol est sec. Il faut aussi prendre soin de maintenir la charge des camions en deçà d'environ 4,5 tonnes (5 t.c.)/essieu. Les épandages de printemps sont souvent effectués sur des champs détrempés; il n'est pas rare qu'on puisse localiser les travées empruntées par la machinerie simplement à partir des bandes de cultures rabougries dans le champ.

## Fumier et semis directs

C'est encore en raison du fumier que les éleveurs hésitent souvent à avoir recours aux semis directs. Lorsqu'on épand du fumier en semis direct, il faut accepter de faire des compromis, c'est-à-dire qu'on doit travailler un peu le sol ou perdre une certaine quantité des éléments nutritifs du fumier.

Lorsqu'on envisage d'épandre du fumier dans le cadre d'un système de culture en semis direct, il est bon de tenir compte de certains points, notamment :

- L'objectif de l'épandage de fumier. Dans quel but épand-on du fumier? Est-ce que l'on cherche surtout à enrichir le sol en matière organique ou à y apporter des éléments nutritifs? Dans ce dernier cas, surtout pour l'azote, déterminer ce qui est plus important : un travail du sol restreint ou une certaine perte d'azote.
- La quantité d'azote qui risque d'être perdue dépend du type de fumier épandu. Le fumier solide contient proportionnellement moins d'azote ammoniacal, il y aura donc moins de perte d'azote total. La biodisponibilité de l'azote organique, présent dans une plus grande proportion, est moindre, mais son dégagement se fait sur une plus longue période.
- Lorsque le fumier est épandu en surface, la plus grande partie de l'azote ammoniacal qu'il contient sera perdue. S'il pleut (p. ex. : 12 mm de pluie qui pénètre en douceur) peu après l'épandage, une partie de l'azote ammoniacal sera incorporée au sol.
- Les analyses de fumier sont importantes.
- Bien planifier les épandages de fumier et prévoir des rotations, surtout en semis direct puisque les éléments nutritifs ne sont pas enfouis par travail du sol.
- La meilleure solution consiste à épandre le fumier après une récolte de blé ou de céréale de printemps. Un labour superficiel à l'aide d'un disque lorsque le sol est sec permettra d'enfouir la paille des céréales ainsi que le fumier et même de semer des cultures couvre-sol. Un travail minimum du sol ne détruira pas les galeries formées par les vers de terre et l'apport d'azote facilitera la décomposition de la paille.
- Épandre le fumier dans les champs de maïs lorsque les sols sont secs afin d'éviter la formation d'ornières et le compactage. On peut aussi faire des épandages en bande dans le maïs sur pied.
- Le fumier peut être épandu avant les semis de soja lorsque les cultivars choisis présentent une certaine résistance à la pourriture à sclérotose.
- On peut aussi épandre du fumier liquide sur des cultures fourragères. Épandre le fumier aussitôt que possible après la récolte, avant la repousse. L'apport d'éléments nutritifs est supérieur lorsque le fumier est épandu dans des parcelles plus anciennes de luzerne.
- Éviter d'épandre du fumier liquide sur des cultures fourragères vivaces recouvertes de neige, puisque de la glace peut se former sous le fumier et risquer d'intensifier les dommages hivernaux.



Tableau 9-14. Prélèvement moyen d'éléments nutritifs (N, P, K) par certaines grandes cultures

Grains, oléagineux	Prélèvement kg/t (lb/bo)			Ensilage/cultures fourragères	Prélèvement en MS <sup>1</sup> kg/t (lb/t.c.)		
	N <sup>2</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N <sup>2</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Mais-grain	11,5-18 (0,65-1,0)	6,6-7,9 (0,37-0,44)	4,6-5,2 (0,26-0,30)	Ensilage de maïs	11-15 (22-30)	4,6-6,8 (9,3-14)	8,3-15 (17-30)
Soya	62-67 (3,7-4,0)	13-15 (0,80-0,88)	51,1 (1,4)	Ensilage préfané de légumineuses	27-37 (53-73)	5,3-7,9 (11-16)	22-35 (45-71)
Blé d'automne (grains seulement)	19-21 (1,15-1,25)	9,1-10,4 (0,55-0,63)	6,0 (0,36)	Ensilage préfané mixte	23-34 (46-68)	5,2-7,8 (10-16)	22-35 (45-71)
Blé d'automne (grain + paille) <sup>3</sup>	31-34 (1,9-2,1)	11-12 (0,68-0,75)	21-34 (1,25-2,0)	Ensilage préfané de graminées	16-27 (32-55)	4,9-7,8 (9,8-16)	20-36 (41-72)
Orge (grain seulement)	18-23 (0,87-1,1)	8,0 (0,40)	5,3-7,2 (0,25-0,35)	Foin de légumineuses	22-33 (45-66)	5,2-8,0 (10-16)	21-35 (41-70)
Orge (grain + paille)	26-31 (1,2-1,5)	10-14 (0,5-0,6)	21-31 (1,0-1,5)	Foin mixte	17-27 (34-55)	5,0-8,2 (10-14)	17-30 (34-59)
Avoine (grain seulement)	18-24 (0,63-0,80)	7,5 (0,25)	5,8 (0,19)	Foin de graminées (1 <sup>re</sup> coupe)	13-23 (26-45)	4,4-7,0 (8,8-14)	14-28 (28-56)
Avoine (grain + paille)	27-34 (0,9-1,5)	12,4 (0,42)	35-43 (1,2-0,5)	Foin mélangé (2 <sup>e</sup> coupe) <sup>4</sup>	25-36 (51-72)	5,7-7,8 (11-16)	20-32 (40-64)
Seigle d'automne (grain seulement)	19-22 (1,1-1,2)	6,1-8,2 (0,3-0,5)	6,25 (0,35)				
Seigle d'automne (grain + paille)	30 (1,7)	10-15 (0,6-0,8)	18-43 (1,0-2,4)				
Haricots secs	42 (2,5)	14 (0,83)	14 (0,83)				
Canola	40-44 (2,0-2,2)	22-27 (1,1-1,3)	11-13 (0,55-0,67)				

Source : Valeurs basées sur des données de l'Ontario, dans la mesure du possible, et sur des données générales nord-américaines, lorsque les données locales sont insuffisantes.

Les données sur les cultures fourragères proviennent des laboratoires agroalimentaires de Guelph (1990-1995).

<sup>1</sup> Les quantités de P et de K prélevées par les céréales à paille et le foin sec seront réduites (par lessivage) si des précipitations fréquentes ou abondantes ont lieu lorsque la paille est en andains dans le champ.

<sup>2</sup> L'azote prélevé par le soya, les haricots secs et les fourrages de légumineuses est surtout d'origine atmosphérique.

<sup>3</sup> Pour convertir le rendement « récolté » en rendement en « matière sèche », multiplier le rendement récolté par le contenu en matière sèche de la culture (p. ex. : 25 tonnes de maïs d'ensilage x 40 % MS (60 % d'humidité) = rendement en MS de 10 tonnes).

<sup>4</sup> La fourchette du prélèvement d'azote est large, parce que le foin est récolté à diverses teneurs en protéines. De façon générale, plus la teneur en protéines est élevée, plus les rendements sont bas.

<sup>5</sup> La 2<sup>e</sup> coupe contient habituellement plus de légumineuses.

- Il est important de faire évaluer les teneurs en éléments nutritifs du fumier quelle que soit la culture, de manière à ajuster les doses d'engrais commerciaux selon la composition du fumier.
- Des doses trop importantes de fumier épandu en surface peuvent ralentir le réchauffement du sol au printemps ou faire croûter le sol. Calibrer les épandeurs afin d'obtenir le dosage voulu.

### Calibrage des épandeurs

Le calibrage du matériel d'épandage du fumier est indispensable. On peut utiliser différentes méthodes pour mesurer les taux d'application. L'une d'elles consiste à peser la charge de fumier et à mesurer la superficie qu'un chargement peut couvrir. Peser le fumier solide en étalant des feuilles de plastique sur le sol. Dans le cas du fumier liquide, des seaux à parois verticales peuvent servir à mesurer la profondeur des applications. Tenir compte des surfaces traitées qui se chevauchent, surtout quand on utilise des systèmes d'irrigation. Le tableau 9-15, *Calibrage des épandeurs de fumier*, page en regard, donne un aperçu des doses d'épandage, tandis que le tableau 9-16, *Densité de différents types de fumier*, page en regard, fait la distinction entre la densité des différents fumiers. Pour plus d'information, voir le site Web du MAAARO à [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

Tableau 9-15. Calibrage des épandeurs de fumier

Fumier solide – Calibrage <sup>1</sup>		Fumier liquide – Calibrage <sup>2</sup>				
kg de fumier (par feuille)	Dose d'épandage t/ha <sup>3</sup>	Profondeur du fumier liquide dans le seau		Dose d'épandage		
		po	mm	L/ha	Imp. gal/ac	US
0,5	3,6	¼	2,5	25 000	2225	2675
0,9	7,2	¼	3,2	32 000	2850	3420
1,4	10,8	½	6,4	64 000	5520	6845
1,8	14,3	¾	10	100 000	8900	10 890
2,3	17,9	1	12,7	127 000	11 305	13 580
3,2	25,1	1 ½	15,0	150 000	13 355	16 040
4,5	35,8	2	19,1	191 000	17 000	20 420
6,8	53,8	3	25,4	254 000	22 610	27 160

<sup>1</sup> À l'aide d'une feuille de 122 cm x 102 cm (sac de moulin en plastique de 40 po x 48 po).

<sup>2</sup> À l'aide d'un seau à parois verticales.

<sup>3</sup> Tonnes courtes à l'acre (t.c./ac) = tonnes à l'hectare x 0,45.

### Préoccupations environnementales liées au fumier

L'épandage de fumier qui permet de répondre aux besoins d'une culture sans les dépasser permet de réduire au minimum les pertes d'éléments nutritifs dans l'environnement. Il n'en reste pas moins qu'il faut, même en pareil cas, veiller à ce que le fumier ne contamine pas les cours d'eau sous l'effet de l'érosion, du ruissellement et de l'écoulement de l'eau dans les drains agricoles. La contamination de l'environnement est interdite en vertu de la *Loi sur la protection de l'environnement*, la *Loi sur les ressources en eau de l'Ontario*, et la *Loi sur les pêches* du fédéral. De plus, la *Loi sur la gestion des éléments nutritifs* et le Règlement 267/03 comportent des exigences précises sur l'épandage du fumier. Pour plus d'information à ce sujet, voir les dernières mises à jour du Règlement ou communiquer avec un spécialiste de la gestion des éléments nutritifs au MAAARO.

L'épandage sur des champs en pentes abruptes ou sur des sols imperméables peut favoriser le ruissellement des fumiers lorsque les doses sont trop élevées. Sur certains types de sol, il peut être nécessaire de faire plusieurs épandages à dose réduite. On déconseille d'épandre du fumier l'hiver ou au début du printemps en raison des risques de ruissellement et d'accumulations d'éléments nutritifs dans les eaux de surface. Aucun plan de gestion des éléments nutritifs ne devrait prévoir d'épandage en hiver, mais il peut être possible d'épandre du fumier au cours d'un redoux si ce dernier est enfoui immédiatement. Les années où il est absolument nécessaire de faire des épandages durant l'hiver, limiter les épandages aux champs qui présentent le plus faible risque de contamination des eaux de surface par le ruissellement.

Tableau 9-16. Densité de différents types de fumier

Type de fumier	Poids par m <sup>3</sup>	Poids par pi <sup>3</sup>	Poids par litre	Poids par boisseau
Fumier liquide	1000 kg	62 lb	1,0 kg	80 lb
Fumier semi-solide	960 kg	60 lb	0,9 kg	76 lb
Fumier solide – épais	800 kg	50 lb	0,8 kg	64 lb
Fumier solide – léger	560 kg	35 lb	0,6 kg	45 lb
Litière sèche de volaille	400 kg	25 lb	0,4 kg	30 lb
1 bo = 1,25 pi <sup>3</sup>				

La pluie peut provoquer le lessivage de l'azote organique vers les cours d'eau, si le fumier a été épandu sur des terres non protégées. Le phosphore, attaché aux particules de sol, peut être entraîné jusqu'aux cours d'eau sous l'effet de l'érosion du sol. Les pratiques de conservation du sol peuvent réduire les risques de pollution des cours d'eau par les éléments nutritifs.

Ne pas épandre de fumier à proximité des cours d'eau. Le potentiel de ruissellement est fonction de la pente du champ et de la texture du sol. L'eau qui circule dans les réseaux de drainage souterrain peut devenir contaminée si le fumier pénètre dans un puits ou s'infiltre jusqu'aux drains agricoles. Pour minimiser le risque de contaminer l'eau qui circule dans les réseaux de drainage, épandre de faibles doses lorsque les drains ne sont pas en fonction ou travailler superficiellement le champ avant d'y épandre le fumier afin de supprimer les fissures ou les galeries de vers.

Les applications d'éléments nutritifs provenant de fumier ou d'engrais en excès des exigences d'une culture risquent d'entraîner la contamination des eaux souterraines, surtout aux endroits où le substratum rocheux est recouvert d'une mince couche de sol, là où la nappe phréatique se trouve près de la surface ou dans les sols très sableux où le lessivage est préoccupant. La contamination des eaux souterraines peut se produire par le lessivage ou l'infiltration des nitrates dans les fissures et les trous du sol. La contamination est également possible par infiltration directe du fumier dans l'eau de certains puits qui seraient mal protégés. Éviter l'épandage du fumier en deçà de 15 m (50 pi) des puits forés, de 30 m (100 pi) des puits ordinaires et de 100 m (330 pi) de tout puits municipal (en vertu du Règlement sur la gestion des éléments nutritifs).

Les gros élevages situés sur des terres de faible superficie sont particulièrement préoccupants. Un plan de gestion des éléments nutritifs doit être mis en place afin d'éviter d'épandre trop d'éléments nutritifs, surtout sur les champs situés à proximité des bâtiments d'élevage. Il peut être nécessaire de signer des ententes avec des fermes voisines pour s'assurer de disposer de suffisamment de champs pour les épandages du fumier.

Pour plus d'information sur les doses maximales d'application et sur les distances de retrait relatives aux eaux de surface ou aux puits, consulter le log. tel NMN ou la publication 818F du MAAARO, *Cahier de gestion des éléments nutritifs*, à l'adresse [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

## Atténuation des risques liés à l'azote

Le cycle de l'azote, avec les nombreuses formes qu'il prend, est un processus complexe influencé par de nombreux facteurs, dont les conditions atmosphériques, les processus biologiques, chimiques et physiques et les caractéristiques du sol. Si on emploie la quantité optimale d'azote, il faut garder à l'esprit que toute quantité d'azote non utilisée peut s'infiltrer sous la zone des racines, se volatiliser dans l'atmosphère ou se dénitrifier (éventuellement en oxyde nitreux — un gaz à effet de serre).

Les nitrates qui posent le plus grand risque de lessivage vers la zone des racines proviennent du surplus d'azote non prélevé par la culture et de l'azote du fumier ou des biosolides épandus en été ou à l'automne. En Ontario, la plus grande partie de l'infiltration des eaux souterraines se produit de la fin de l'automne au début du printemps, lorsque les précipitations dépassent l'évaporation. En sols sableux bien drainés, la plus grande partie des nitrates présents à l'automne peut être lessivée dans les eaux souterraines en présence de drainage. Dans les sols plus lourds, la perte se produit plutôt par dénitrification. En minimisant la quantité de nitrates présente dans le sol à l'automne, on réduit les deux types de pertes.

Exemples de pratiques culturales visant à réduire le risque de perte de nitrates :

- Utilisation de cultures couvre-sol sur lesquelles du fumier est appliqué en fin d'été ou en début d'automne.
- Applications d'azote aux moments où la culture en a besoin.
- Application d'azote total en fonction des besoins de la culture.

## Évaluation des risques liés au phosphore

Le risque de contamination des eaux de surface par le phosphore est plus grand si les teneurs en phosphore sont plus élevées selon l'analyse de sol. Toutefois, comme le phosphore se lie étroitement aux particules du sol, le déplacement du sol par érosion constitue également un facteur déterminant du risque de contamination des eaux de surface. C'est pourquoi on ne peut uniquement se baser sur la teneur en phosphore déterminée par l'analyse de sol pour évaluer le risque de contamination des eaux de surface.

Si les résultats de l'analyse de sol indiquent que pour atteindre un rendement économique maximal, aucune quantité de phosphore supplémentaire n'est nécessaire, mais que l'épandage de fumier sera quand même effectué (excès), le risque de contamination des eaux de surface par le phosphore augmente. La présence de phosphore dans les sources d'eau de surface favorise l'eutrophisation, ou la croissance de plantes aquatiques, ce qui provoque des variations dans la teneur en oxygène et nuit à la capacité de cette source d'eau de soutenir la vie aquatique. Pour protéger l'environnement contre les risques que constitue l'apport supplémentaire de phosphore lorsque les teneurs du sol en cet élément révélées par l'analyse de sol sont adéquates, on a élaboré un indice de phosphore. L'utilisation de l'indice-phosphore permet d'obtenir de plus grandes zones tampons

exemptes de phosphore à proximité des cours d'eau où les risques de ruissellement et d'érosion sont importants et lorsque les teneurs en phosphore sont également élevées.

Le calcul de l'indice-phosphore tient compte des facteurs suivants :

- le risque d'érosion du sol;
- le risque de ruissellement;
- la teneur du sol en phosphore;
- la méthode et la dose d'épandage des engrais et du fumier.

Pour plus de renseignements sur l'évaluation du risque lié au phosphore, voir la fiche technique du MAAARO, *Détermination de l'indice-phosphore dans un champ*, commande n° 05-068, ainsi que la publication 818F, *Cahier de gestion des éléments nutritifs* et le logiciel NMAN, ou visiter le site Web à [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

## Biosolides et déchets utilisés sur les terres agricoles

Les biosolides sont une source de matière organique traitée, riche en éléments nutritifs, qui proviennent d'usines municipales de traitement des eaux usées. Ils contiennent généralement de l'azote organique et minéral, du phosphore, du potassium, de la matière organique et des oligo-éléments comme le zinc, le magnésium et le cuivre. L'utilisation de biosolides dans le cadre du programme de gestion des éléments nutritifs agricoles réduit le besoin d'engrais commerciaux et améliore la fertilité du sol ainsi que ses caractéristiques, sa capacité de rétention d'eau et sa perméabilité. Les biosolides conviennent particulièrement bien aux cultures comme le maïs, le soya, les céréales et les cultures fourragères.

Parmi les déchets utilisés, il faut noter les rejets des papétières, les sous-produits du traitement des grains et de nombreux autres déchets organiques, de même que certaines matières non organiques comme les rejets de chaux de l'industrie de transformation du sucre. Chaque type de déchet présente des caractéristiques particulières pouvant améliorer la qualité du sol ou le rendement de la culture. Quelques-uns présentent toutefois certaines limites. Ainsi, les biosolides d'eaux usées sont très pauvres en potassium. Se tenir au fait de la teneur en éléments nutritifs et de leur biodisponibilité, de même que des répercussions négatives potentielles liées à l'utilisation des biosolides et des déchets.

L'utilisation sur les terres agricoles de déchets et de biosolides est soumise au chapitre V de la *Loi sur la protection de l'environnement*. L'utilisation de biosolides et d'autres déchets sur des terres agricoles est réglementée en Ontario par le ministère de l'Environnement. Les *Directives concernant l'utilisation de biosolides et d'autres déchets sur les terres agricoles*, mars 1996, portent sur la qualité des biosolides et des autres déchets, les critères touchant le lieu d'épandage, et l'épandage de ces matières sur les terres agricoles. Un certificat d'autorisation est exigé avant l'épandage sur des terres agricoles de tout déchet réglementé. Bien utilisés, les biosolides et certains déchets constituent un ajout valable à tout plan de gestion des éléments nutritifs à des fins agricoles.

**Tableau 9-17. Engrais – Éléments nutritifs primaires**

Engrais azotés	Présentation	% d'azote (N)	Indice de sel <sup>1</sup>
Nitrate d'ammonium	sèche	30-34	15,3
Nitrate d'ammonium et de calcium	sèche	27	15,3
Urée	sèche	45-46	8,1
Sulfate d'ammonium	sèche	21	16,3
Nitrate d'ammonium et d'urée	liquide	28	11,3
Ammoniac anhydre	liquide <sup>2</sup>	82	2,9
% phosphate (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )			
Superphosphate simple	sèche	20	2,0
Superphosphate triple	sèche	44-46	1,1
Phosphate monoammonique	sèche	48-52	2,0
Phosphate diammonique (18-46-0)	sèche	46	2,3
Polyphosphate d'ammonium (10-34-0)	liquide	34	2,3
% potasse (K <sub>2</sub> O)			
Chlorure de potassium	sèche	60-62	9,7
Sulfate de potassium	sèche	50	4,3
Sulfate de magnésie potassique (11 % de Mg)	sèche	22	9,9
Nitrate de potassium (13-0-44)	sèche	44	6,1

<sup>1</sup> Exprimé par unité (100 lb) d'élément nutritif.<sup>2</sup> Liquide sous pression.

## Engrais

Les engrais azotés sont offerts sous forme solide ou liquide. Bien qu'il y ait des limites dans l'emploi de ces deux types (voir *Toxicité des engrais*, page suivante), les différentes sources d'azote fournissent le plus souvent des rendements comparables. Faire son choix en fonction des produits offerts sur le marché, du matériel dont on dispose, du coût de l'azote au kilogramme et des coûts d'application.

Calculer d'abord le coût du kilogramme des diverses sources d'azote livré à la ferme. Le coût à l'hectare peut être calculé à partir du taux d'épandage. Ajouter à cela les coûts d'application avant de décider de la forme d'engrais à acheter.

Quand il est recommandé de faire des amendements séparés d'azote, compter les kilogrammes d'azote élémentaire (N) et non les kilogrammes d'engrais. Le tableau 9-17, *Engrais – Éléments nutritifs primaires*, sur cette page, et le tableau 9-18, *Engrais – Éléments secondaires et oligo-éléments*, sur cette page, donnent les pourcentages d'éléments nutritifs contenus dans les engrais.

**Tableau 9-18. Engrais – Éléments secondaires et oligo-éléments**

Magnésium (Mg)	
Chaux dolomitique	6-13 % Mg
Sels d'Epsom (sulfate de magnésium)	10,5 % Mg
Sulfate de magnésie potassique	11 % Mg
Bore (B)	
Borate de sodium	12-21 % B
Solubor	20,5 % B
Cuivre (Cu)	
Sulfate de cuivre	13-25 % Cu
Cuivre chélaté	5-13 % Cu
Manganèse (Mn)	
Sulfate de manganèse	26-28 % Mn
Molybdène (Mo)	
Molybdate de sodium	39 % Mo
Zinc (Zn)	
Sulfate de zinc	36 % Zn
Zinc chélaté	7-14 % Zn
Oxysulfate de zinc	18-36 % Zn

Outre les produits mentionnés dans le tableau 9-18, différents fabricants d'engrais offrent des prémélanges qui contiennent un ou plusieurs oligo-éléments.

Une large gamme d'engrais liquides sont utilisés en Ontario. Ils reviennent généralement plus cher par unité d'élément nutritif que les engrais secs en granules, mais les engrais liquides sont plus faciles à manipuler, peuvent être mesurés avec facilité et épandus avec plus de précision. Les caractéristiques des engrais liquides les plus fréquemment utilisés sont données au tableau 9-19, *Densités des engrais liquides les plus répandus*, page suivante.

## Sels solubles dans les terres agricoles

De fortes concentrations de sels solubles dans le sol peuvent empêcher ou retarder la germination et même tuer les plants déjà établis ou, du moins, en ralentir sérieusement la croissance.

À l'état naturel, les sols de l'Ontario renferment peu de sels solubles. Par conséquent, ceux-ci occasionnent rarement de problèmes aux cultures et ne sont pas couramment mesurés dans les analyses de sol.

La présence de sels solubles dans le sol peut être causée par des doses excessives d'engrais et de fumier, le ruissellement du sel épandu sur les routes et le déversement de produits chimiques sur les terres agricoles. De fortes concentrations de sels solubles dans les bandes de fertilisation, ou à proximité de ces dernières, peuvent freiner considérablement le développement des plantes, en début de croissance, sans toutefois avoir d'effets marqués sur les concentrations de sel dans le reste du sol. Une quantité donnée de sel dans le sol entraîne une élévation de la concentration de sel dans l'eau du sol si la teneur en eau est faible.

**Tableau 9-19.** Densités des engrais liquides les plus répandus

Composition	Poids/gal US (lb)	Poids/gal imp. (lb)	Poids/L (lb)	Poids/L (kg)	Gal imp./t	Gal US/t	L/t
8-25-3	11,11	13,35	2,94	1,334	165,1	198,4	749,9
6-18-6	10,69	12,85	2,83	1,284	171,6	206,2	779,0
3-11-11	10,45	12,55	2,76	1,251	175,7	211,0	798,8
9-9-9	10,49	12,60	2,77	1,256	175,0	210,2	795,9
7-7-7	10,41	12,5	2,75	1,247	176,4	211,8	801,7
6-24-6	11,07	13,30	2,93	1,329	165,8	199,2	752,4
9-18-9	11,07	13,30	2,92	1,325	165,8	199,2	755
5-10-15	10,7	12,85	2,83	1,252	171,6	206,0	799
2-10-15	10,62	12,75	2,81	1,275	172,9	207,6	784,6
10-34-0	11,5-11,74	14,0-14,1	3,08-3,10	1,397-1,406	157,5-156,4	189,2-187,8	715,8-711,2
28 %	10,65	12,8	2,82	1,279	172,2	207,0	781,8
Hydroxyde d'ammonium	7,49	9	1,98	0,898	245	294,3	1113,4
Acide phosphorique 54 %	13,15	15,8	3,48	1,579	139,5	167,7	633,5
1 gal imp. = 1,201 gal US = 4,546 L				1 gal US = 0,8326 gal imp. = 3,785 L			

Les sels solubles interfèrent aussi avec l'absorption de l'eau par les plantes. C'est pourquoi la croissance des plantes est plus affectée par la présence de sels solubles lorsque les conditions sont sèches au moment de la plantation.

Il est facile de déterminer en laboratoire la teneur en sels solubles en mesurant la conductivité électrique d'un mélange pâteux d'eau et de terre. Plus la concentration de sels solubles dans l'eau est élevée, plus la conductivité est forte. Le tableau 9-20, *Interprétation des résultats de conductivité du sol*, sur cette page, fournit une interprétation des résultats sur la conductivité des sols.

### Toxicité des engrais

Tous les sels contenus dans les engrais chimiques sont toxiques pour les racines et les graines en germination lorsqu'ils se trouvent en fortes concentrations près de celles-ci. La toxicité par unité d'élément fertilisant dépend des facteurs suivants :

- la proportion de sel contenu dans l'engrais par unité d'éléments nutritifs;
- les différences de solubilité des sels dans le sol;
- la présence de certains constituants ou éléments qui sont particulièrement toxiques (p. ex., ammoniac ou bore). De nombreux engrais azotés, même s'ils présentent une faible teneur en sel, libèrent de l'ammoniac dans le sol.

### Engrais azotés

Le nitrate d'ammonium, le phosphate monoammonique et le sulfate d'ammonium ont une toxicité semblable et sont beaucoup moins dangereux que l'ammoniac anhydre, que l'hydroxyde d'ammonium et que l'urée. Le phosphate diammonique est plus toxique que le phosphate monoammonique, mais moins que l'urée. Réduire les doses d'urée ou augmenter les distances entre les semences et la bande

d'engrais, surtout dans le cas des semences sensibles comme les haricots ou les pois, et dans les sols à texture grossière (sables et loams sableux).

L'ammoniac anhydre et l'hydroxyde d'ammonium sont des produits extrêmement toxiques qui ne devraient pas être placés près des semences. Il est donc préférable de placer ces engrais au présemis, perpendiculairement à la direction du semis. Une réduction de la densité de peuplement peut être à craindre en sols très secs ou si les semis ont lieu trop tôt après l'application.

L'urée est toxique quand elle est appliquée en bandes ou près des semences, mais elle est sans danger si on l'épand à la volée à une dose normale. En général, les engrais dont la teneur en azote égale plus de la moitié de leur teneur en phosphate contiennent souvent de l'urée.

**Tableau 9-20.** Interprétation des résultats de conductivité du sol

Conductivité du sol (millisiemens/cm)	Cote	Mises en garde
0-0,25	F	Convenable pour la plupart des plantes si les quantités recommandées d'engrais sont utilisées.
0,26-0,45	M	Convenable pour la plupart des plantes si les quantités recommandées d'engrais sont utilisées.
0,46-0,70	H	Pourrait réduire la levée et causer des dommages allant de légers à graves aux plantes sensibles au sel.
0,71-1,00	E	Pourrait réduire la levée et causer des dommages allant de légers à graves à la plupart des plantes.
1,00	E	Causera probablement de graves dommages à la plupart des plantes.



### Exemple de calcul des doses d'engrais requises

D'après les résultats des analyses de sol et du calculateur d'azote, un producteur doit appliquer 120 lb de N, 18 lb de  $P_2O_5$  et 30 lb de  $K_2O$  dans son champ de maïs. Un engrais liquide de démarrage (5 gal/ac de 6-24-6) sera également ajouté.

#### Étape 1 : Calculer l'apport fourni par l'engrais de démarrage

Un engrais liquide 6-24-6 ayant une densité de 13,3 lb/gal est appliqué au taux de 5 gal imp./ac.

L'engrais contient 6 % de N, 24 % de  $P_2O_5$  et 6 % de  $K_2O$ . Le taux d'application est de 5 gal/ac  $\times$  13,3 lb/gal = 66,5 lb/ac.

$$66,5 \text{ lb/ac de N} \times 6/100 = 4 \text{ lb/ac}$$

$$66,5 \text{ lb/ac de } P_2O_5 \times 24/100 = 16 \text{ lb/ac}$$

$$66,5 \text{ lb/ac de } K_2O \times 6/100 = 4 \text{ lb/ac}$$

#### Étape 2 : Calculer les doses d'engrais à ajouter

$$120 - 4 = 116 \text{ lb de N à ajouter par acre}$$

$$18 - 16 = 2 \text{ lb de } P_2O_5 \text{ par acre (différence négligeable)}$$

$$30 - 4 = 26 \text{ lb de } K_2O \text{ à ajouter par acre.}$$

#### Étape 3 : Calculer la quantité d'engrais additionnelle requise pour combler les besoins de la culture.

Les doses d'engrais sont calculées en divisant les quantités d'éléments nutritifs requises par la proportion de cet élément contenue dans l'engrais. Si l'engrais additionnel est un mélange d'urée et de potasse, le calcul se fera de la manière suivante :

$$116 \text{ lb/ac de N} \div 0,46 \text{ (ou 46 \%)} = 252 \text{ lb/ac d'urée (46-0-0)}$$

$$26 \text{ lb/ac de } K_2O \div 0,62 \text{ (ou 62 \%)} = 42 \text{ lb/ac de chlorure de potassium (0-0-60)}$$

$$\text{Dose totale épandue : } = 252 + 42 = 294 \text{ lb/ac du mélange d'engrais.}$$

Pour plus d'information sur le calcul des éléments nutritifs requis par les cultures et sur les mélanges d'engrais, voir la publication 611F du MAAARO, *Manuel sur la fertilité des sols*.

### Engrais phosphatés

La plupart des engrais phosphatés courants ne sont guère toxiques pour les graines et les plantes puisqu'une grande partie du phosphate forme un précipité dans le sol, avant même d'entrer en contact avec les racines. La concentration du phosphore en solution dans le sol est toujours très basse, de sorte qu'il n'existe aucune limite quant aux quantités à appliquer près des semences de cultures faites en champ ou avec elles.

Le phosphate diammonique est plus toxique que les autres engrais phosphatés (voir *Engrais azotés*, page en regard).

### Engrais potassiques

Le chlorure de potassium (KCl) est la source de potassium la plus courante dans les engrais. Il est moins toxique par unité d'élément nutritif que la plupart des engrais azotés.

Le sulfate de potassium ( $K_2SO_4$ ) est légèrement moins toxique que le chlorure de potassium. Le sulfate de magnésium potassique est à peu près aussi toxique par unité de potassium que le chlorure de potassium. Le nitrate de potassium est l'une des sources de potassium les moins dangereuses.

Le tableau 9-21, *Doses maximales sûres des éléments nutritifs*, page suivante, décrit les doses maximales d'éléments nutritifs pour diverses cultures. Les doses sûres données dans ce tableau sont valables lorsqu'un seul élément nutritif est appliqué à la fois. Si des épandages de deux éléments nutritifs et plus sont combinés, l'effet cumulatif peut endommager la culture même si les doses d'épandage sont individuellement en deçà du seuil de dommage.

### Engrais contenant des oligo-éléments

Les engrais contenant des oligo-éléments (bore, cuivre, fer, manganèse ou zinc) sont plus toxiques que leurs équivalents dépourvus d'oligo-éléments; réduire, par conséquent, la dose maximale. Le bore est particulièrement toxique et ne devrait pas être appliqué en bandes.

### Directives pour l'application sans danger d'éléments nutritifs pour les semis

La toxicité des engrais varie grandement selon la teneur en eau du sol. Des dommages se produisent plus fréquemment sur des sols à texture légère (sableux ou graveleux) dont la teneur en matière organique est faible, et par temps sec. Pour s'assurer qu'en toutes circonstances les engrais appliqués en bandes ne seront pas nocifs, il faudrait en appliquer de très faibles quantités. Les doses maximales suggérées ici pourraient réduire ou retarder la germination ou la croissance jusque dans 10 % des cas. C'est pourquoi, la majorité du temps, il est recommandé d'utiliser des quantités plus faibles au semis que celles qui sont indiquées dans le tableau 9-21, *Doses maximales sûres des éléments nutritifs*, page suivante.

Si les besoins en engrais sont élevés, il est parfois préférable d'épandre la majeure partie à la volée et de n'appliquer qu'une faible portion en bandes au moment du semis. Les engrais sont le plus toxique lorsqu'ils contiennent les oligo-éléments bore, cuivre, fer, manganèse et zinc. Par conséquent, les doses maximales auxquelles on peut les utiliser sans danger sont inférieures à celles qui sont indiquées dans ce tableau.

**Tableau 9-21.** Doses maximales sûres des éléments nutritifs

Culture	N (kg/ha)	N + K <sub>2</sub> O (kg/ha)
<b>Avoine et orge de printemps (engrais avec la semence)</b>		
Sables, loams sableux		
Urée (46-0-0)	10	30
Phosphate diammonique (18-46-0)	20	35
Autres engrais	35	55
Loams, limons, loams argileux		
Urée (46-0-0)	10	30
Phosphate diammonique (18-46-0)	30	55
Autres engrais	45	70

**Blé d'automne, triticales ou orge (engrais avec la semence)**

Tous les sols		
Urée (46-0-0)	0 (automne)	0 (automne)
Phosphate diammonique (18-46-0)	0 (automne)	0 (automne)
Autres engrais	15	30

**Mais (engrais avec la semence)**

Tous les sols		
Urée (46-0-0)	0	0
Phosphate diammonique (18-46-0)	0	0
Autres engrais — rangs de 100 cm		7
— rangs de 75 cm		10
— rangs de 50 cm		14

Le maïs sucré peut être plus sensible aux engrais appliqués en même temps que les semis. Ne pas appliquer d'engrais avec les semences d'hybrides de maïs supersucrés.

**Maïs (engrais placé en bandes de 5 cm sur les côtés et 5 cm au-dessous de la semence)**

Tous les sols		
Urée (46-0-0)	40	60
Autres engrais	55	90

À des doses plus élevées, placer l'engrais à au moins 15 cm de la semence. Lorsque l'espace entre les rangs est différent de 100 cm, la dose d'engrais doit être ajustée de manière à ce que la concentration maximale de ce dernier soit uniforme dans le rang (ex. : dans des rangs espacés de 50 cm, la dose sûre se calcule ainsi :  $100/50 \times 55 = 110$  N).

**Maïs (engrais épandu à la volée)**

Sables, loams sableux		
Urée (46-0-0)	200	250

**Canola (engrais avec la semence)**

Jusqu'à 20 kg/ha d'engrais phosphaté sous forme de superphosphate ou de phosphate monoammonique peuvent être enfouis avec la semence. Ne pas appliquer d'azote (N) (sauf sous forme de phosphate monoammonique) ou de potassium (K) avec la semence.

**Lin (pas d'engrais avec la semence)**

Les doses recommandées ne présentent normalement pas de risques lorsque l'engrais est épandu à la volée.

**Pois, haricots et soya (pas d'engrais avec la semence)**

Tous les sols. Engrais appliqué en bandes, 5 cm à côté et 5 cm au-dessous de la semence.	30	90
--	----	----

Les engrais dont la teneur en N égale plus de la moitié de la teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (ex. : du 16-16-16) contiennent souvent de l'urée. Dans de nombreux cas, les engrais qui contiennent de l'urée ne sont pas appropriés pour l'application en bandes au moment du semis.

Certains producteurs emploient des doses beaucoup plus élevées d'engrais en bandes qu'il n'est recommandé ici, sans problème apparent. Les cultures tolèrent des doses d'engrais beaucoup plus élevées pour peu que le taux d'humidité soit adéquat, mais il est impossible de prévoir quelles conditions peuvent survenir à la germination. Il est toujours plus prudent de ne pas dépasser les doses maximales sûres.

L'application excessive d'engrais peut endommager les jeunes pousses en raison de l'action de l'ammoniac et du sel, attribuable au contenu en azote (N) et en potasse (K) des engrais. La toxicité varie grandement selon la texture du sol, les conditions d'humidité, la culture, ainsi que la source et le mode d'application des engrais. Le tableau 9-21, *Doses maximales sûres des éléments nutritifs*, sur cette page, fournit des directives qui permettront en général que les dommages, notamment un taux de levée réduit et des retards de croissance, risquent de se produire dans moins de 10 % des cas. Les conditions climatiques, le stress et les autres facteurs qui influent sur la croissance peuvent augmenter les risques de dommages.

**Engrais foliaires**

L'apport en oligo-éléments peut se faire par engrais foliaires, particulièrement lorsque les carences sont attribuables à l'immobilisation des éléments nutritifs dans le sol (p. ex. le manganèse). La quantité d'éléments nutritifs qu'il est possible d'épandre par cette méthode est limitée à cause du danger de brûler les feuilles. Lors de la préparation, veiller à ce que la bouillie ne soit pas trop concentrée. Consulter l'étiquette des pesticides avant d'y associer des éléments nutritifs pour pulvérisation foliaire.

**Calcul des besoins en engrais**

Le calcul des besoins en engrais minéraux pour un rendement optimal des cultures s'effectue en soustrayant les éléments nutritifs obtenus du fumier et des légumineuses des besoins totaux en éléments nutritifs. De plus, il est souvent avantageux de séparer la fraction engrais de démarrage comprise dans le fertilisant, qui est généralement riche en phosphore, du reste de l'azote et du potassium.

Le choix de l'engrais de démarrage dépend du type de culture, des besoins en engrais minéral et de la machinerie disponible. Il est souvent aussi efficace d'épandre une partie de l'engrais comme engrais de démarrage, puis d'épandre le reste à la volée que d'épandre tout l'engrais au semoir de précision ou au semoir à grain. Cette façon de faire permet d'économiser temps et énergie, et présente moins de risques de dommages aux plantules.

Soustraire les épandages d'engrais de démarrage et de ceux en bandes latérales des besoins totaux d'engrais minéral. Épandre le reste à la volée. S'il ne reste que de très petites quantités, régler les doses de l'une des autres sources d'éléments nutritifs, ou alors ignorer les quantités restantes ou encore prévoir une application d'engrais qui répondrait aux besoins sur plusieurs années (P et K uniquement).





# 10. Dépistage

## Dépistage

Le dépistage consiste à parcourir un champ en s'arrêtant de temps en temps pour recueillir des observations. Des opérations de dépistage périodiques aident à déterminer avec exactitude les facteurs qui nuisent au rendement durant la saison de croissance alors qu'il est encore temps d'intervenir pour préserver le plein potentiel de la culture. Il faudrait, au début de chaque saison, consigner sur un formulaire des renseignements importants relatifs à la fertilité du sol et aux diverses opérations culturales. On trouve des exemples de tels formulaires sur le site du MAAARO, [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures). Cette information, conjuguée à l'observation périodique sur le terrain, à l'identification et au diagnostic des problèmes, ainsi qu'à la conservation d'un registre de ces observations concourent au succès du programme de surveillance. En plus de servir à corriger des problèmes observés dans l'immédiat, les registres tenus sur le dépistage peuvent par la suite être consultés afin de planifier les interventions dans les années à venir. Par exemple, un ennemi des cultures, comme le nématode à kyste du soya, influe à la fois sur la rotation des cultures et le choix d'un cultivar lorsqu'on produit à nouveau du soya dans le même champ. Des registres précis facilitent les décisions à prendre en présence de ce ravageur.

### Quand effectuer les opérations de dépistage

C'est en détectant et en maîtrisant rapidement les ennemis des cultures qu'on réduit au minimum leur incidence économique sur une culture. Dans cette publication, les chapitres consacrés aux différentes cultures donnent des calendriers de dépistage et indiquent la période de l'année associée aux ennemis des cultures les plus répandus en Ontario. L'observation sur le terrain doit se faire fréquemment et de façon suivie, car les dynamiques liées aux ravageurs peuvent changer rapidement pendant la saison. Comme il faut une densité de peuplement optimale pour obtenir de bons rendements, procéder à une évaluation de la densité de peuplement en deçà de 1-2 semaines de la levée. Tôt en saison, effectuer le dépistage chaque semaine. À l'approche d'un seuil d'intervention nécessitant, par exemple, l'application d'un fongicide ou d'un herbicide de postlevée, il faudra peut-être effectuer un dépistage quotidien. Plus tard en saison, un dépistage aux deux semaines est généralement suffisant. Se rappeler que certains insectes et certaines maladies sévissent plus tard en saison et peuvent atteindre les seuils d'intervention en quelques jours. C'est le cas notamment de la légionnaire, du puceron du soya et des pourritures des tiges. Lorsque les conditions et le terrain favorisent ces ennemis de fin de saison, il faut effectuer un dépistage hebdomadaire.

## Outils et techniques de dépistage

Les outils servant à surveiller les ennemis des cultures et la croissance des cultures varient selon la culture et l'ennemi en cause. Voici le matériel de base nécessaire au dépistage :

- une planchette à pincettes et des formulaires de dépistage ou un calepin pour consigner les observations;
- des cartes du terrain;
- une pelle;
- un canif;
- des sacs en papier et en plastique pour y déposer des spécimens;
- une loupe grossissant dix fois et un cadre d'échantillonnage (p. ex., un cerceau).

Les dépisteurs professionnels se munissent souvent d'autres articles, notamment de photos aériennes, d'un appareil photo, d'étiquettes d'identification, de guides de référence, d'un filet fauchoir, de petits flacons et d'alcool isopropylique, de pièges ou de plaquettes encollés destinés à la détection des insectes nuisibles, d'un GPS pour noter l'emplacement, de matériel de balisage, etc. Il est par ailleurs sage de porter des vêtements adéquats afin de se protéger du soleil et des éléments nuisibles comme les plantes vénéneuses et les maringouins. Vérifier s'il y a eu récemment des traitements pesticides sur le terrain et, le cas échéant, se conformer aux délais de non-retour dans les zones traitées indiqués sur les étiquettes des produits.

Pour effectuer le dépistage d'insectes qui se déplacent trop rapidement dans le feuillage pour qu'on puisse les identifier au premier coup d'œil, il est parfois plus facile d'utiliser un filet fauchoir ou une toile. On peut étendre la toile sur le sol entre deux rangs, saisir la culture et la secouer vigoureusement de manière que tous les insectes présents tombent sur la toile. Il est alors plus facile d'identifier les insectes et de les dénombrer.

### Utilisation des filets fauchoirs

Le filet fauchoir constitue la meilleure méthode de dépistage à utiliser dans une culture dense comme celles de la luzerne, du canola et du soya semé en plein. On trouve des filets fauchoirs standards d'un diamètre de 37 cm (15 po) auprès des divers fournisseurs qui paraissent sur la liste de l'annexe A, *Fournisseurs de matériel pour le dépistage d'insectes*, p. 257. Tout en marchant dans la culture, balancer le filet d'un côté à l'autre comme un pendule de sorte qu'il balaie la partie supérieure du feuillage sur 37 cm (15 po) et que le sommet du filet arrive à égalité avec le dessus du feuillage. Éviter de heurter le sol avec le filet lors du mouvement de va-et-vient, afin de ne pas recueillir de terre.



**Tableau 10-1.** Nombre de points d'échantillonnage recommandés selon la taille du terrain et le ravageur

Taille du terrain		Nombre de points d'échantillonnage	
ha	ac	Insectes/ maladies	Mauvaises herbes
Jusqu'à 8	Jusqu'à 20	5	10
De 8 à 12	De 20 à 30	8	15
De 12 à 16	De 30 à 40	10	15

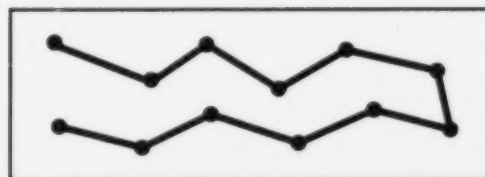
Dans l'interprétation de nombreux seuils d'intervention, une certaine confusion règne quant à ce qui constitue un « balayage » du filet fauchoir. Certains chercheurs établissent les seuils d'intervention en fonction d'un nombre  $x$  de balayages, chaque balayage correspondant pour eux au mouvement de va-et-vient complet (aller-retour), c.-à-d. décrivant deux arcs de  $180^\circ$ , qu'une personne effectue en marchant lentement. Pour d'autres chercheurs, un balayage s'entend d'un seul arc de  $180^\circ$  décrit par la moitié du mouvement de va-et-vient complet. Par conséquent, dans l'interprétation d'un seuil d'intervention, il est important de savoir ce qu'on entend par « balayage » avant de déterminer les populations d'insectes sur le terrain.

Si l'on interprète mal le mot balayage, tel qu'il est utilisé dans le seuil d'intervention, on risque de sous-estimer ou de surestimer le nombre d'insectes par balayage du fichet fauchoir. Dans la présente publication, on précise le sens du mot balayage (c.-à-d. un arc ou deux arcs de  $180^\circ$ ) pour chaque seuil, lorsque ce sens est connu.

Après avoir effectué le nombre de balayages indiqué, refermer rapidement le sommet du filet en le saisissant juste sous l'ouverture. Ouvrir lentement le filet, en extraire tout débris de plante et identifier et dénombrer les insectes qui ont été capturés. Répéter l'opération à cinq endroits (ou au nombre d'endroits indiqués par le seuil d'intervention), afin d'obtenir un portrait juste du niveau de population pour l'ensemble du champ. Même si les filets ne permettent pas d'obtenir de nombre absolu, ils procurent quand même une estimation relative de la pression exercée par les insectes, lorsqu'il faut juger rapidement de l'ampleur d'une infestation.

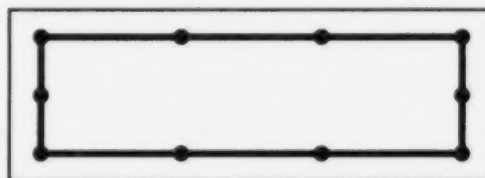
### Nombre de points d'échantillonnage

La taille du champ, la culture et le type d'ennemis des cultures, leur stade, le niveau d'infestation et le moment où se fait l'échantillonnage comptent parmi les facteurs qui influent sur le nombre de points d'échantillonnage nécessaires. Le tableau 10-1, *Nombre de points d'échantillonnage recommandés selon la taille du terrain et le ravageur*, sur cette page, indique, de façon générale, le nombre de points d'échantillonnage nécessaire selon la taille du terrain. Aux fins du dépistage, les champs d'une superficie supérieure à 16 ha (40 acres) devraient être divisés en unités de 16 ha (40 acres) ou moins.



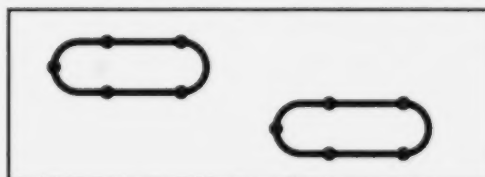
**Si les ravageurs sont uniformément répartis à la grandeur du champ,**

- choisir au hasard des points d'échantillonnage répartis uniformément, tel qu'il est illustré ci-dessus. Ce schéma est également valable pour l'échantillonnage du sol.
- Ce schéma de dépistage convient au dépistage, notamment, de la chrysomèle des racines du maïs, de la pyrale du maïs et des pourritures de la tige.



**Si l'on s'attend que les ravageurs soient présents dans les tournières et les rangs périmétriques,**

- choisir au hasard des points d'échantillonnage répartis uniformément sur le pourtour du champ, tel qu'il est illustré ci-dessus.
- Ce schéma de dépistage convient au dépistage, notamment, de la légionnaire, des tétranyques et des zones où le sol a été compacté.



**Si les ravageurs se manifestent dans des zones précises,**

- concentrer les points d'échantillonnage dans les zones où les organismes nuisibles ou problèmes sont le plus susceptibles de se manifester, tel qu'il est illustré ci-dessus, mais surveiller aussi d'autres parties des champs touchés.
- Ce schéma de dépistage convient au dépistage, notamment, de la pourriture phytophthoréenne dans les sols argileux détrempés et de la noctuelle ipsilon dans les zones herbeuses.

**Figure 10-1.** Schémas de dépistage

### Schéma de dépistage

Opter pour un schéma de dépistage qui couvre toutes les parties du terrain et changer de point d'observation à chaque opération de dépistage. Cependant, si l'on découvre un foyer d'infestation, on doit le réexaminer à nouveau pour suivre l'évolution du ravageur.

**Tableau 10-2.** Densités de peuplement selon la largeur des rangs

Largeur des rangs		Longueur de rang équivalent à 1/1 000 ac <sup>1,2</sup>	
cm	po	m	pi, po
38	15	10,6	34 pi 10 po
51	20	8,0	26 pi 1 po
56	22	7,3	23 pi 10 po
71	28	5,7	18 pi 8 po
76	30	5,3	17 pi 5 po
81	32	5,0	16 pi 4 po
86	34	4,7	15 pi 5 po
91	36	4,4	14 pi 6 po
97	38	4,2	13 pi 9 po

<sup>1</sup> Pour évaluer le nombre de plants sur un millièbre de un hectare, multiplier le nombre de plants dans une longueur de rang par 2,47.

<sup>2</sup> Multiplier par 1 000 le nombre de plants dans la longueur de rang qui précède pour déterminer le nombre de plants/acre.

Il y a deux points à considérer dans la détermination du schéma de dépistage :

- Celui-ci doit tenir compte des changements de cultivars ou d'hybrides, du type de sol, des cultures antérieures, des applications de fumier ou d'engrais et de tout autre facteur influençant la croissance. On doit opter pour un schéma de dépistage qui couvre toutes les parties du terrain et changer de point d'observation à chaque opération de dépistage. Voir figure 10-1, *Schémas de dépistage*, page en regard.
- Les points d'échantillonnage doivent être choisis au hasard toujours selon un schéma aléatoire prédéterminé, plutôt qu'en fonction de facteurs comme l'apparence des cultures.
- Commencer le dépistage au moins 20 m (66 pi) à l'intérieur du périmètre du champ. Éviter de faire le dépistage dans les rangs périmétriques et les tournières, à moins d'avoir une raison précise d'échantillonner ces zones (p. ex. si l'on craint que les légionnaires n'envahissent les champs de maïs en provenance des champs de céréales).

### Densité de peuplement et niveaux d'infestation

On peut déterminer la densité de peuplement de la culture et certains niveaux d'infestation en effectuant un décompte sur une surface donnée, puis en multipliant ce nombre par un facteur permettant d'obtenir le total par hectare ou acre.

Pour les cultures en rangs, on peut calculer la densité de peuplement en comptant le nombre de plants dans un millièbre ( $\frac{1}{1000}$ ) de un acre, puis en multipliant ce nombre par 1 000 pour obtenir le nombre de plants par acre. Voir le tableau 10-2, *Densités de peuplement selon la largeur des rangs*, sur cette page.

Pour déterminer la densité de peuplement des cultures à rangs étroits ou le degré d'infestation par les mauvaises herbes ou les insectes, on peut poser au sol un cadre d'échantillonnage d'une superficie connue et dénombrer tous les ravageurs ou mauvaises herbes qui se trouvent à l'intérieur de ses limites.

**Tableau 10-3.** Détermination de la densité de peuplement et des populations de ravageurs à l'aide d'un cerceau

Diamètre intérieur du cerceau en centimètres (po)	Superficie en m <sup>2</sup> (pi <sup>2</sup> )	Facteur par lequel multiplier le nombre de plants à l'intérieur du cerceau pour obtenir le :	
		n <sup>bre</sup> de plants par hectare	n <sup>bre</sup> de plants par acre
91 (36)	0,65 (7,0)	15 385	6 165
84 (33)	0,55 (6,0)	18 182	7 334
76 (30)	0,45 (4,9)	22 222	8 874
69 (27)	0,37 (4,0)	27 027	10 956
61 (24)	0,29 (3,2)	34 483	13 865
<b>Dimensions intérieures d'un cadre carré en centimètres (po)</b>			
50 x 50 (20 x 20)	0,25 (2,7)	40 000	16 133
100 x 100 (40 x 40)	1,00 (11,1)	10 000	3 924

Compter le nombre de plants qui se trouvent à l'intérieur du cerceau ou du carré et le multiplier par le facteur indiqué ci-dessus pour obtenir la densité de peuplement par hectare ou par acre.

On peut utiliser un cadre carré (faisant, p. ex., 50 cm x 50 cm = 0,25 m<sup>2</sup>) ou un cadre circulaire (p. ex., un cerceau). La méthode du cerceau est illustrée au tableau 10-3, *Détermination des densités de peuplement et des populations de ravageurs à l'aide d'un cerceau*, sur cette page.

Bien des seuils d'intervention sont exprimés en termes de nombre moyen d'insectes par plant, par balayage, par mètre carré ou par pied linéaire de rang. Certains peuvent être basés sur le taux de défoliation ou de dommages. Indépendamment de la méthode utilisée, il faut faire au moins dix décomptes aléatoires par champ pour déterminer les populations moyennes. Consigner le résultat de chaque décompte, puis faire la moyenne de tous les décomptes pour une estimation de la population d'ennemis présents dans le champ.

### Registre des observations sur le terrain

Des registres des observations sont indispensables pour choisir les méthodes de lutte à employer maintenant et plus tard. Avec un formulaire de dépistage sur le terrain, il devient facile de noter et d'uniformiser les observations. Une fois consignées, les données de dépistage peuvent être versées au dossier du champ. Il existe également un logiciel permettant de consigner et de traiter les données provenant des observations sur le terrain.

Voici un aperçu des renseignements à consigner durant les opérations de dépistage :

- nom ou code et emplacement du champ, et date du dépistage;
- stade de croissance et état de la culture;
- cultivars et hybrides semés, et s'ils sont résistants ou transgéniques;
- dates des stades repères;
- conditions météorologiques;
- conditions de sol;
- mauvaises herbes présentes, stade de croissance, emplacement et densité de peuplement (préciser les ennemis naturels présents);

- maladies présentes, stade de croissance, emplacement et nombre de plants infectés;
- insectes présents, stade de croissance, emplacement et populations;
- dommages à la culture;
- carte du terrain;
- résultat du dépistage effectué;
- mesures correctives nécessaires.

**Nota :** Indiquer séparément pour chaque espèce de mauvaise herbe ou d'ennemi, les stades de croissance et densités.

### Manutention et soumission des échantillons

Il peut être difficile d'identifier les ennemis des cultures ou certains problèmes. Aussi, peut-on avoir besoin du diagnostic ou de l'aide d'experts et/ou de laboratoires de diagnostic. Pour plus d'information sur la façon correcte de prélever les échantillons, l'endroit où se procurer les formulaires de soumission des échantillons et les frais de diagnostic, voir l'annexe I, *Services de diagnostic*, p. 266.

## Utilisation des degrés-jours (DJ) et des unités thermiques de croissance (UTC)

### Degrés-jours

Les degrés-jours (DJ) servent à évaluer la croissance et le développement des végétaux et des insectes durant la saison de croissance. La croissance des insectes et des végétaux dépend beaucoup de la température et de l'accumulation quotidienne de chaleur. La quantité de chaleur nécessaire pour qu'un organisme passe d'un stade à un autre reste constante d'une année à l'autre, mais selon les conditions atmosphériques, le temps (nombre de jours) nécessaire peut varier considérablement d'une année à l'autre.

À chaque organisme est associé une température de base minimale ou un seuil sous lequel il n'y a pas de croissance. Ces températures de base ont été déterminées de façon expérimentale et diffèrent selon l'organisme. Les DJ sont très utiles pour prévoir la croissance de la culture et celle des insectes. Pour certaines cultures en Ontario, on utilise encore les DJ alors que pour d'autres, on est passé au système des unités thermiques de croissance (UTC), l'objet de la section suivante. Les grandes cultures pour lesquelles on utilise encore les DJ sont les céréales (temp. de base de 0), la luzerne (temp. de base de 5) et le canola (temp. de base de 5).

Pour calculer les DJ d'une journée, il faut d'abord déterminer la température moyenne de la journée. Pour ce faire, on additionne généralement les températures minimale et maximale de la journée et on divise la somme par deux. On soustrait ensuite la température de base de la température moyenne pour obtenir la valeur de DJ quotidienne. Si la valeur de DJ quotidienne obtenue est négative, on l'arrondit à zéro. Toutes les valeurs de DJ quotidiennes sont additionnées (accumulées) pendant la saison de croissance.

### Équation pour obtenir les degrés-jours

L'équation de DJ en usage au MAAARO se lit comme suit :

$$\text{Valeur de DJ quotidienne} = \left( \frac{T_{\text{max}} + T_{\text{min}}}{2} \right) - T_{\text{base}}$$

où :

$T_{\text{max}}$  = la température maximale quotidienne de l'air

$T_{\text{min}}$  = la température minimale quotidienne de l'air

$T_{\text{base}}$  = la température de base aux fins du calcul des DJ pour l'organisme sous observation

#### Exemple

Température maximale : 28 °C

Température minimale : 15 °C

Ravageur : pyrale du maïs

Température de base : 10 °C

#### Calcul

$$\text{Valeur de DJ quotidienne} = \left( \frac{28 + 15}{2} \right) - 10 = 11,5$$

Par conséquent, le nombre de DJ accumulés au cours de cette journée, selon le modèle des DJ applicable à la pyrale du maïs, est de 11,5.

Il faut tenir compte de quatre facteurs pour comparer les accumulations de DJ provenant de sources ou de régions diverses.

#### 1. Les températures de base utilisées dans les équations sont-elles les mêmes?

Les températures de base utilisées pour calculer les DJ varient selon les organismes. Ainsi, 150 DJ pour une  $T_{\text{base}}$  de 10 n'égalent pas 150 DJ pour une  $T_{\text{base}}$  de 0.

#### 2. Les DJ commencent-ils toujours à s'accumuler à la même date?

De façon générale, les DJ commencent à s'accumuler le 1er avril de chaque année. Toutefois, dans le cadre des modèles de DJ applicables à certains insectes, les DJ commencent à s'accumuler à partir d'un repère biologique (*biofix*) précis, qui correspond à l'apparition d'un stade biologique particulier.

#### 3. Les équations servant au calcul de la valeur de DJ quotidienne sont-elles les mêmes?

Avec les années, de nombreuses modifications au calcul simple des DJ ont été élaborées et sont également appelées degrés-jours.

#### 4. Les températures sont-elles en degrés Celsius ou en Fahrenheit?

Les accumulations de DJ varient de façon importante, selon qu'elles sont exprimées en degrés Celsius ou en degrés Fahrenheit. On a conçu les modèles de DJ spécifiquement pour être utilisés dans un système ou dans l'autre, de telle sorte que le passage d'un système à l'autre oblige à faire des conversions. Le modèle de DJ applicable à la pyrale du maïs repose sur des mesures en Celsius.

**Tableau 10-4.** Accumulations quotidiennes d'unités thermiques de croissance en fonction des températures maximale et minimale

		Valeurs d'unités thermiques quotidiennes en fonction des températures (°C) enregistrée																							
		Température minimale quotidienne enregistrée																							
(°C)		< 5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
< 10		0	1	1	2	3	4	5	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
11		2	2	3	4	5	6	7	8		:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
12		3	4	5	5	6	7	8	9	10	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
13		5	5	6	7	8	9	10	11	11	12	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
14		6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
15		7	8	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
16		8	9	10	11	12	13	13	14	15	16	17	18	19	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
17		10	10	11	12	13	14	15	16	16	17	18	19	20	21	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
18		11	11	12	13	14	15	16	17	17	18	19	20	21	22	23	:	:	:	:	:	:	:	:	:
19		12	12	13	14	15	16	17	17	18	19	20	21	22	23	24	25	:	:	:	:	:	:	:	:
20		12	13	14	15	16	17	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	26	:	:	:	:	:	:	:
21		13	14	15	16	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25	26	27	28	:	:	:	:	:	:
22		14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	23	24	25	26	27	28	29	30	:	:	:	:	:
23		15	15	16	17	18	19	20	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	29	30	31	:	:	:	:
24		15	16	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25	26	27	28	29	30	31	32	33	:	:	:
25		16	16	17	18	19	20	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	30	31	32	33	34	:	:
26		16	16	17	18	19	20	21	22	23	24	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	33	34	:	:
27		16	17	18	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	34	34	:	:
28		16	17	18	19	20	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	34	34	:	:
29		16	17	18	19	20	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	30	31	32	33	34	34	:	:
30		17	17	18	19	20	21	22	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	31	32	33	34	34	:	:
31		16	17	18	19	20	21	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	30	31	32	33	34	34	:	:
32		16	17	18	19	20	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	34	34	:	:
33		16	17	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	:	:
34		16	16	17	18	19	20	21	22	23	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	32	33	34	:	:

En agriculture, les « degrés-jours » sont parfois appelés « degrés-jours de croissance ». Certaines réglementations utilisent de façon interchangeable « unités thermiques de croissance » et « degrés-jours ». En Ontario, les expressions « degrés-jours » (DJ) et « unités thermiques de croissance » (UTC) sont utilisées, mais elles représentent deux modèles de croissance très différents liés à la température.

### Unités thermiques de croissance

Les unités thermiques de croissance (UTC), parfois appelées simplement unités thermiques (UT), reposent sur un principe semblable à celui des degrés-jours. Les UTC sont calculées sur une base quotidienne, à l'aide des températures minimale et maximale, mais selon une équation passablement différente. Le modèle des UTC repose sur des calculs différents pour les températures maximales et les températures minimales. On utilise 10 °C comme température de base pour la température de jour ou température maximale, et 30 °C comme plafond, parce que les cultures de saison chaude ne connaissent aucune croissance si les températures sont inférieures à 10 °C et

connaissent leur croissance la plus rapide à environ 30 °C. On utilise 4,4 °C comme température de base pour la température de nuit ou température minimale et on ne spécifie aucune température optimale, car les températures minimales de nuit dépassent très rarement les 25 °C en Ontario. La température de nuit est considérée comme un facteur linéaire, tandis que la température de jour est considérée comme un facteur non linéaire du fait que la croissance des cultures est optimale à 30 °C et commence à ralentir à des températures plus élevées. Les unités thermiques de croissance quotidiennes sont calculées en utilisant les moyennes des deux valeurs quotidiennes tirées des équations ci-dessous ou peuvent être obtenues à partir de la matrice du tableau 10-4, *Accumulations quotidiennes d'unités thermiques de croissance en fonction des températures maximale et minimale*. La figure 1-1, *Unités thermiques de croissance (UTC-MI) pour le maïs*, p. 9, indique sur une carte les accumulations d'UTC totales pour la saison en Ontario.

Les producteurs qui consignent les maxima et minima quotidiens peuvent utiliser le tableau 10-4, *Accumulations quotidiennes d'unités thermiques de croissance en fonction des températures maximale et minimale*, pour calculer l'accumulation d'UTC sur leur ferme. En 2009, l'accumulation des UTC a commencé le 1er mai dans toutes les régions et se terminera à la première date où on enregistre un minimum de  $-2^{\circ}\text{C}$  à l'automne. La croissance du maïs est surtout liée à la température, particulièrement durant la période allant des semis à l'apparition des soies. Contrairement au soya, la longueur du jour a peu d'effet sur la vitesse de croissance du maïs. Le système d'unités thermiques de croissance utilisé en Ontario a été élaboré pour évaluer les effets de la température sur la croissance du maïs.

### Calcul des valeurs d'UTC quotidiennes

L'équation suivante sert au calcul de la valeur d'UTC quotidienne pour un lieu donné :

$$\text{Valeur d'UTC quotidienne} = \left( \frac{Y_{\text{max}} + Y_{\text{min}}}{2} \right) \text{ où :}$$

$Y_{\text{max}}$

$$= (3,33 \times [T_{\text{max}} - 10,0]) - (0,084 \times [T_{\text{max}} - 10,0]^2)$$

(Si les valeurs sont négatives, ramener à 0)

$T_{\text{max}}$

= Température maximale quotidienne de l'air ( $^{\circ}\text{C}$ )

(mesurée de minuit à minuit)

(L'exactitude devrait être  $< 0,25^{\circ}\text{C}$ )

$Y_{\text{min}}$

$$= (1,8 \times [T_{\text{min}} - 4,4])$$

(Si les valeurs sont négatives, ramener à 0)

$T_{\text{min}}$

= Température minimale quotidienne ( $^{\circ}\text{C}$ )

### Formulaires de dépistage sur le terrain

Il y a bien des façons de consigner les données recueillies sur le terrain. On peut le faire sur papier ou à l'aide d'outils technologiques. On trouve des exemples de différents formulaires sur le site du MAAARO consacré aux cultures, [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures), ou sur le site de l'Association pour l'amélioration des sols et des récoltes de l'Ontario, [www.ontariosoilcrop.org](http://www.ontariosoilcrop.org).







# 11. Gestion des grains stockés à la ferme

Maintenir les grains entreposés dans de bonnes conditions exige des inspections périodiques minutieuses et de bonnes pratiques d'entreposage. Or, les bonnes pratiques d'entreposage ne se limitent pas à mettre des grains de bonne qualité dans un conteneur à l'épreuve des intempéries.

## Entreposage des grains dans des cellules de stockage

La qualité des grains ne peut être meilleure qu'au moment où ceux-ci sont mis en entrepôt. Elle ne peut en effet que diminuer au fil du temps; elle s'améliore en effet rarement pour ne dire jamais. Les stratégies présentées ci-dessous contribueront à maintenir la qualité des grains au même niveau que lors de leur mise en cellule de stockage.

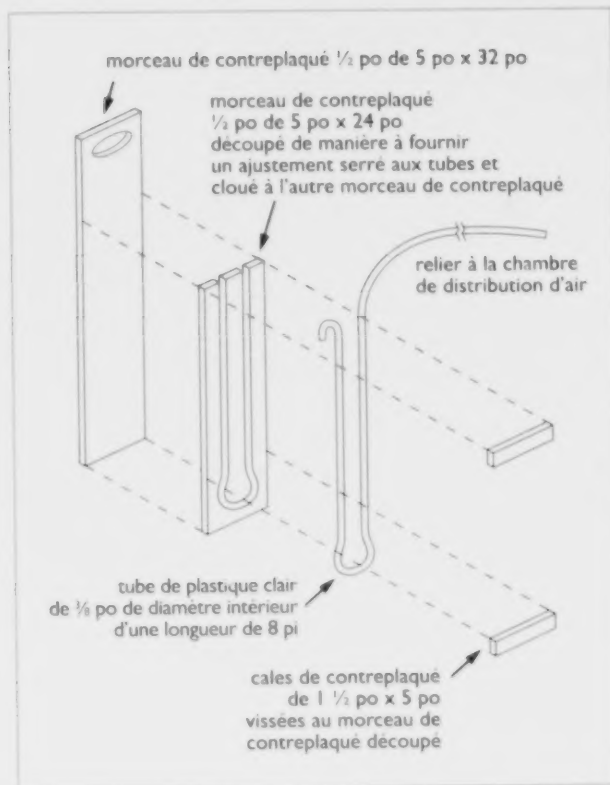
### Suggestions pour une bonne gestion des cellules de stockage

- Traiter les cellules de stockage vides, afin de détruire les ravageurs des grains entreposés qui vivent dans les lézardes, les fissures ou sous le faux-fond perforé.
- Nettoyer tout le grain qui sera entreposé dans une cellule de stockage.
- Enlever les particules fines et autres matières étrangères pour diminuer la résistance au passage de l'air et éventuellement réduire les risques de détérioration.
- Une fois la cellule de stockage remplie, retirer un peu de grain du noyau de la cellule de stockage (en actionnant la vis de déchargement), de manière à créer un couloir vertical de chute, afin de mieux répartir les particules fines, quitte à remettre par la suite le grain retiré à la surface de la même cellule.
- Dans la chambre de répartition d'air, installer un manomètre sous le faux-fond perforé pour surveiller la pression statique de l'air déplacé par le ventilateur. Pour savoir comment fabriquer un manomètre, voir la figure 11-1, *Manomètre de fabrication artisanale*, sur cette page.
- À partir de la courbe de rendement du ventilateur, se servir de la pression statique pour déterminer le débit d'air du ventilateur.
- Bien couvrir les prises d'air de ventilation lorsque celles-ci ne sont pas utilisées, afin d'éviter tout déplacement d'air involontaire dans le grain.

### Pourquoi aérer les grains entreposés dans les cellules de stockage

L'aération des grains entreposés dans une cellule de stockage :

- retire la chaleur de récolte ou refroidit les grains à la sortie du séchoir;
- amène la masse de grains à une température uniforme;
- évacue l'humidité qui s'est évaporée du grain sous l'effet des fluctuations de températures attribuables à l'air extérieur.



**Figure 11-1. Manomètre de fabrication artisanale**

Un manomètre est un appareil rudimentaire qui utilise une colonne de liquide pour mesurer la pression statique. Il peut servir à mesurer la pression statique dans le faux-fond perforé sous la cellule à grain.

Au fur et à mesure que les surfaces de la cellule de stockage sont réchauffées ou refroidies par le soleil ou l'air extérieur, des courants de convection se forment dans la masse de grains. Ces courants ont pour effet de déplacer et de condenser l'humidité contenue dans les grains sur les surfaces plus froides. Il peut s'agir des surfaces intérieures de la cellule de stockage ou des grains eux-mêmes. Ceux-ci risquent alors de se détériorer si les courants de convection ne sont pas stoppés. L'aération périodique du contenu de la cellule de stockage empêche la formation de courants de convection.

Garder un écart de température d'au plus 5 °C entre la masse de grains et la température de l'air moyenne à l'extérieur, afin d'empêcher la formation de courants de convection.

**Tableau 11-1. Temps requis pour que le front d'aération atteigne la surface du grain**

Débit d'air (pi <sup>3</sup> /min/bo)	Refroidissement (h)		
	Automne	Hiver	Printemps
1/20	300	400	240
1/10	150	200	120
1/5	75	100	60
1/4	60	80	48
1/3	45	61	36
1/2	30	40	24
3/4	20	27	16
1	15	20	12

pi<sup>3</sup>/min = pied cube par minute; 1 pi<sup>3</sup>/min/bo = 13 L/sec/m<sup>3</sup>

### Principes d'aération

- Amener toute la masse de grains à la même température.
- Mettre le ventilateur en marche seulement lorsque le taux d'humidité relative n'entraînera pas une augmentation de la teneur en eau des grains.
- Faire fonctionner le ventilateur pendant suffisamment longtemps pour changer la température de toute la masse de grains, ce qui peut nécessiter un certain nombre de jours. Le temps nécessaire dépend du débit d'air par boisseau.
- Se familiariser avec les tableaux de teneur en eau d'équilibre relatifs aux grains ou aux haricots entreposés (voir *Récolte et entreposage* dans le chapitre consacré à la culture pertinente). Faire fonctionner le ventilateur seulement lorsque les conditions atmosphériques extérieures n'ajouteront pas d'humidité au produit entreposé. La nuit, le taux d'humidité relative de l'air risque d'ajouter de l'humidité aux petites céréales, aux haricots et au maïs séché à l'air ambiant.
- Voir le tableau 11-1, *Temps requis pour que le front d'aération atteigne la surface du grain*, sur cette page, pour connaître le temps d'aération nécessaire à un changement de température dans toute la cellule de stockage.

### Vérification des grains entreposés

Si des grains sont entreposés à la ferme, vérifier les cellules de stockage périodiquement.

Vérifier l'état des grains de provende d'usage courant qui se trouvent dans des cellules de stockage au fur et à mesure de leur utilisation. Prendre soin de vérifier également l'état des grains dans les cellules de stockage qui servent moins souvent. Les grains peuvent se détériorer rapidement. Une vérification minutieuse et soignée des cellules de stockage permet aux producteurs de détecter les signes avant-coureurs de problèmes éventuels et de prendre les mesures qui s'imposent pour freiner toute détérioration.

#### Liste de vérification mensuelle des cellules de stockage

- Mettre le ventilateur en marche.
- Grimper et regarder à l'intérieur de la cellule de stockage. Chercher des signes d'humidité sur la paroi intérieure du toit.

S'il y a présence de gouttelettes d'eau ou de glace, aérer la cellule de stockage; l'humidité provenant des grains est montée dans le haut de la cellule et s'est condensée sur la paroi de métal.

- Faire fonctionner le ventilateur d'aération si une fine pellicule de neige s'est déposée à la surface du grain. Elle se transformera par sublimation en vapeur d'eau inoffensive. Si la couche de neige est beaucoup plus épaisse, l'enlever à la pelle.
- Chercher des odeurs atypiques. L'air doit sentir le grain propre.
- S'assurer que la surface du grain a le même aspect que lors de la dernière inspection. Si elle est décolorée ou de couleur atypique, fouiller le problème plus à fond.
- Vérifier s'il y a eu depuis le mois précédent un changement de pression statique ou de pression de fonctionnement du ventilateur dans la chambre de répartition d'air qui se trouve sous le faux-fond perforé. S'il y a diminution de pression, il n'y a pas lieu de s'inquiéter. Une augmentation, cependant, indique que quelque chose a fait augmenter la résistance au passage de l'air qui traverse la masse de grains. Examiner l'état du grain.
- Rechercher tout signe révélateur de la présence d'insectes.
- Noter les observations dans un registre de surveillance, afin de pouvoir établir des comparaisons d'un mois à l'autre.

### Maîtrise des insectes des grains entreposés à la ferme

La maîtrise des insectes des grains entreposés passe par la prévention que rendent possible de bonnes pratiques d'assainissement et d'entreposage.

Pour prévenir les infestations et avoir à recourir le moins possible aux traitements d'urgence par fumigation, observer les consignes suivantes.

#### Garder les lieux propres

La consigne la plus importante est de garder les lieux exempts d'insectes en nettoyant les cellules de stockage et le matériel avant d'entreposer les grains. Les résidus de grains des récoltes précédentes sont la principale source de nouvelles infestations. Au moins deux semaines avant l'entreposage des grains, s'assurer que les lieux sont nettoyés à fond et sont exempts de ravageurs. Pour ce faire, enlever tout résidu de grains de même que le grain pris en pain, à l'aide d'un bon aspirateur. S'assurer qu'il n'y a plus de vieux grain dans les lézardes et fissures de la cellule de stockage, derrière les cloisons, entre les doubles parois, à l'extérieur et sous les cellules de stockage, dans le matériel servant à manipuler le grain, dans les canalisations d'aération ni sous les faux-fonds perforés. Les résidus de récolte collés au matériel servant à manipuler ou à récolter les grains sont une source très importante de nouvelles infestations. Comme les faux-fonds entièrement perforés ne peuvent être soulevés pour être nettoyés, des particules de grains s'y accumulent et ouvrent la porte à des infestations.

Débarrasser le sol du grain tombé et des aliments pour animaux. Brûler les résidus de grains enlevés, les apporter dans un décharge

ou les broyer pour les servir aux animaux. Comme les salles de préparation des aliments sont difficiles à garder exemptes de ravageurs, maintenir une bonne distance entre elles et les cellules de stockage, à défaut de quoi, les ravageurs risqueraient d'envahir rapidement les installations d'entreposage situées à proximité.

Ne pas entreposer les grains dans des bâtiments qui abritent des animaux ou du foin. Les mangeoires, les trémies et les auges sont souvent infestées d'insectes, car les insectes y sont plus au chaud et les utilisent comme sites d'hivernation.

### **Maintenir les installations d'entreposage en bon état**

Une fois les installations nettoyées, faire les réparations nécessaires pour qu'elles soient à l'épreuve des ravageurs. Sceller les lézardes et les fissures dans lesquelles les insectes pourraient s'introduire.

### **Entreposer des grains propres et secs**

Ne jamais entreposer le nouveau grain avec le vieux, sous peine de voir les ravageurs du vieux grain s'attaquer au nouveau. S'assurer que le grain stocké est exempt de ravageurs. Les moisissures et les insectes font beaucoup plus de ravages dans les grains humides. Si les grains entreposés contiennent plus de 15 % d'humidité, les vérifier périodiquement. Le blé doit être séché jusqu'à ce qu'il atteigne une teneur en eau de 12 % s'il doit être entreposé pendant plus d'un mois durant les mois chauds de l'été. Le maïs doit être séché jusqu'à ce qu'il atteigne une teneur en eau de 14 %.

### **Bien surveiller la température d'entreposage et faire le dépistage des insectes**

Le blé est la culture la plus sensible aux infestations parce qu'il est récolté l'été, période où les insectes sont les plus actifs à l'intérieur et à l'extérieur des lieux d'entreposage. Une fois dans la cellule de stockage, le grain est encore chaud et peut fournir un excellent habitat aux insectes des grains entreposés. En Ontario, comme l'entreposage du maïs suit habituellement l'entreposage du blé, les infestations peuvent facilement se répandre du blé au maïs. Surveiller la température des grains en insérant des sondes de température en divers points de la masse de grains. Les zones chaudes sont souvent un indice d'infestations et/ou de détérioration.

L'aération utilisée à l'automne dans le but de refroidir les grains atténue les infestations par les insectes et ralentit leur reproduction. Les insectes ne se reproduisent pas dans les grains à des températures au-dessous de 10 °C et peuvent mourir si les températures sont maintenues sous les -10 °C pendant plus de dix jours. Le dépistage du cucujide roux et de la pyrale indienne de la farine peut se faire à l'aide de pièges-sondes en plastique (voir planche 34, p. 284). Ces pièges-sondes sont très sensibles et indiqueront une infestation bien avant qu'elle n'atteigne le seuil de nuisibilité économique. Si des cucujides roux ou des pyrales indiennes de la farine sont trouvés dans les grains, procéder à la fumigation.

### **Traiter les cellules vides à la terre à diatomées**

La terre à diatomées est une poudre non toxique, faite d'un mélange de silice, produite à partir de dépôts fossiles d'algues marines appelées diatomées. Lorsque la terre à diatomées entre en contact avec les insectes, elle absorbe la couche cireuse protectrice de l'insecte, entraînant sa mort par déshydratation. À l'aide des ventilateurs d'aération, disperser le produit dans la cellule de stockage vide, au moins deux semaines avant l'entreposage des grains. Appliquer aussi le produit sur les grains, au fur et à mesure que ceux-ci sont transvidés dans la cellule ou dans l'installation d'entreposage. Porter un masque de protection lors de l'application de la terre à diatomées afin de ne pas inhaler la poussière. Voir la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*, pour les détails sur le mode d'emploi et l'information portée par l'étiquette.

Ne pas dépasser les doses indiquées, sous peine d'engendrer des problèmes d'obstruction de la vis sans fin.

L'usage préventif d'insecticides ne remplace pas de bonnes pratiques d'assainissement des entrepôts.

Si les parois de la cellule de stockage sont poussiéreuses ou couvertes de grains pris en pain, la poudre n'atteindra pas tous les insectes rampants et ne pourra donc pas les tuer. L'utilisation de malathion n'est plus recommandée pour maîtriser la pyrale indienne de la farine, étant donné que cet insecte a développé une résistance à ce produit, qui s'avère donc souvent inefficace.

### **Utiliser des traitements de sauvetage au besoin**

Si une infestation survient, il peut être nécessaire de recourir à la fumigation. Le fait de brasser le grain peut réduire une infestation par un ravageur secondaire sous le seuil de nuisibilité économique. Cependant, si des cucujides roux ou des pyrales indiennes de la farine sont visibles, le problème est grave. S'il y a des toiles à la surface du grain, râtelier et enlever cette couche avant la fumigation. Pour plus de détails sur les fumigants, voir la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*. Les fumigants ne sont efficaces que si la température du grain est supérieure au point de congélation, ce qui fait qu'on ne peut pas toujours recourir à la fumigation. Les fumigants ne peuvent être appliqués que par le détenteur d'une licence de destruction de parasites. Éloigner les animaux d'élevage et la volaille du bâtiment, surtout si ceux-ci se trouvent sous la cellule de stockage.

### **Identifier les ravageurs correctement**

Les insectes des grains entreposés ne sont pas des ennemis spécifiques de certaines cultures. Ils peuvent s'attaquer à plusieurs cultures. Il est important de savoir à quels insectes nuisibles on a affaire. Il est donc important de les identifier et d'en évaluer les populations avec soin, car les stratégies de lutte peuvent varier selon l'ennemi à combattre. Une identification correcte aide aussi à déterminer la source de l'infestation. Certains insectes ne sont que des ennemis secondaires qui peuvent ne pas causer de pertes économiques.



## Insectes des grains entreposés

### Technique de dépistage des insectes des grains entreposés

Insérer dans la masse de grains quatre pièges-sondes en plastique (planche 34, p. 284) à mi-chemin entre le centre et la paroi de la cellule de stockage, en forme de croix, avec le centre de la cellule comme point central de la croix. Placer les pièges à la verticale en veillant à ce que leur sommet arrive à 25 cm (10 po) sous la surface du grain. Les retirer et les examiner au moins une

fois par semaine. Quand les infestations sont importantes, des captures peuvent être observées après aussi peu que un jour ou deux. Ces pièges-sondes sont très sensibles et indiqueront une infestation bien avant qu'elle n'atteigne le seuil de nuisibilité économique. Si des insectes se trouvent dans les pièges-sondes, appliquer les stratégies de lutte indiquées au tableau 11-2, *Stratégies de lutte contre les insectes nuisibles des grains entreposés à la ferme*, sur cette page. Pour des recommandations sur l'utilisation d'insecticides et de fumigants, voir la publication 812F, *Guide de protection des grandes cultures*.

Tableau 11-2. Stratégies de lutte contre les insectes nuisibles des grains entreposés à la ferme

Description	Cycle biologique	Dommages	Stratégies de lutte
<b>Cucujide roux (planche 35, p. 284)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• coléoptère aplati, brun rougeâtre;</li> <li>• mesurant environ 2 mm (<math>\frac{1}{8}</math> po) de long;</li> <li>• antennes aussi longues sinon plus longues que la tête et le thorax réunis;</li> <li>• vole quand les températures montent à plus de 25 °C;</li> <li>• larves blanches d'environ 3 mm (<math>\frac{1}{8}</math> po) de long, pourvues de deux projections brunes à l'arrière;</li> <li>• par sa petite taille, peut envahir toute la masse de grains.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• résistant au froid;</li> <li>• hiverne au stade adulte;</li> <li>• pond jusqu'à 500 œufs à la surface des grains;</li> <li>• les larves éclosent après 3–5 jours;</li> <li>• la pupaison se produit à l'intérieur du grain que la larve pénètre;</li> <li>• l'adulte émerge, laissant un trou de sortie caractéristique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• adultes et larves se nourrissent du germe et du son;</li> <li>• attaque le grain brisé comme le grain sain;</li> <li>• se disperse dans toute la masse de grains;</li> <li>• les fortes infestations amènent l'échauffement du grain qui moisit et se gâte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• observer de bonnes pratiques d'assainissement et de dépistage;</li> <li>• employer la terre à diatomées pour préserver le grain d'une nouvelle infestation;</li> <li>• consulter la publication 812F du MAAARO, <i>Guide de protection des grandes cultures</i>, pour de l'information sur les insecticides et les fumigants.</li> </ul>
<b>Pyrale indienne de la farine (planche 36, p. 284)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'adulte mesure environ 12 mm (<math>\frac{1}{2}</math> po) de long;</li> <li>• corps en forme de « A » quand les ailes sont au repos;</li> <li>• ailes grises à l'avant, bronze à l'arrière;</li> <li>• active le soir;</li> <li>• les larves atteignent environ 8 mm (<math>\frac{1}{2}</math> po) de long;</li> <li>• les larves sont crème rosâtre, jaune pâle, ou vert pâle tirant sur le jaune avec la tête noire;</li> <li>• les larves ont trois paires de pattes thoraciques et cinq paires de fausses pattes abdominales;</li> <li>• les larves à maturité errent à la recherche d'un site de pupaison.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• par temps doux, met environ 21–30 jours à compléter son cycle biologique;</li> <li>• n'est pas tolérante au froid;</li> <li>• la température limite le nombre de générations par année;</li> <li>• les femelles pondent leurs œufs sur les grains de céréales se trouvant à la surface du tas de grains;</li> <li>• on trouve les jeunes larves dans des mottes de grains (3–10 grains) retenus ensemble par des fils de soie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'adulte ne s'alimente pas et ne cause pas de dommages;</li> <li>• les larves se nourrissent du germe et du son, et en vident les grains;</li> <li>• les individus de tous les stades larvaires tissent des toiles (cette activité s'intensifie à l'approche de la pupaison);</li> <li>• se trouve généralement à la surface du grain, tout au plus dans les 50 premiers cm (20 po);</li> <li>• de fortes populations produisent un matras de grains enchevêtrés de toiles jusqu'à une profondeur de 50 cm (20 po).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'adulte est résistant au malathion;</li> <li>• enlever la couche de grains remplie de toiles avant la fumigation;</li> <li>• consulter la publication 812F du MAAARO, <i>Guide de protection des grandes cultures</i>, pour de l'information sur les insecticides et les fumigants.</li> </ul>
<b>Charançon du blé (planche 37, p. 285)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'adulte est un charançon brun foncé;</li> <li>• mesure environ 4 mm (<math>\frac{1}{4}</math> po) de long;</li> <li>• la larve, de 4 mm (<math>\frac{1}{4}</math> po) de long, est blanche, ridée et dépourvue d'ailes;</li> <li>• ses larves se trouvent toujours à l'intérieur des grains qu'elle ne quitte qu'au stade adulte;</li> <li>• n'attaque que les grains de céréales, pas les légumineuses;</li> <li>• ne peut pas voler;</li> <li>• semblable au charançon du riz;</li> <li>• s'en distingue par les petits trous sur le thorax qui sont ovales plutôt que ronds et sa plus grande résistance au froid.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les femelles pondent des œufs dans des trous qu'elles creusent dans les grains à l'aide de leur rostre;</li> <li>• cimente le trou pour le fermer;</li> <li>• les larves se développent à l'intérieur du grain;</li> <li>• les adultes vivent jusqu'à huit mois.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• adultes et larves se nourrissent de grains sains;</li> <li>• la larve passe toute sa vie à l'intérieur d'un seul grain dont elle dévore l'endosperme;</li> <li>• plusieurs larves peuvent se trouver à l'intérieur du même grain;</li> <li>• en sortant, l'adulte laisse un trou de sortie rond dans le grain.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• consulter la publication 812F du MAAARO, <i>Guide de protection des grandes cultures</i>, pour de l'information sur les insecticides et les fumigants.</li> </ul>

Tableau 11-2. Stratégies de lutte contre les insectes nuisibles des grains entreposés à la ferme

Description	Cycle biologique	Dommages	Stratégies de lutte
<b>Bruches du pois et du haricot</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>deux espèces qui s'attaquent aux pois et aux haricots;</li> <li>dommages et larves semblables à ceux du charançon du blé;</li> <li>adultes petits et massifs (3–4 mm ou <math>\frac{1}{8}</math> à <math>\frac{3}{16}</math> po);</li> <li>tête fuselée à l'avant;</li> <li>habituellement de couleur chamois avec rayures longitudinales peu apparentes;</li> <li>larves de couleur jaune crème, apodes, à la capsule céphalique cuivrée.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>les bruches du pois s'attaquent aux pois et les bruches du haricot, aux haricots;</li> <li>les adultes pondent leurs œufs au champ dans les haricots à maturité sans laisser de traces visibles;</li> <li>les dommages apparaissent lorsque les adultes émergent des grains et laissent derrière eux des trous ronds.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>faire le dépistage des bruches dans les haricots entreposés;</li> <li>réagir à leur présence par une fumigation;</li> <li>trier visuellement les haricots pour enlever ceux qui sont piqués;</li> <li>les pois ou haricots lourdement infestés peuvent être servis aux animaux;</li> <li>consulter la publication 812F du MAAARO, <i>Guide de protection des grandes cultures</i>, pour de l'information sur les insecticides et les fumigants.</li> </ul>
<b>Petit perceur des céréales (planche 38, p. 285)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>l'adulte est un coléoptère de brun à noir;</li> <li>mesure environ 2 mm (<math>\frac{1}{16}</math> po) de long;</li> <li>corps cylindrique;</li> <li>nombreux petits trous à la surface des ailes;</li> <li>position de la tête de l'adulte caractéristique;</li> <li>tête inclinée vers le bas et recouverte d'un large bouclier prothoracique;</li> <li>larves blanc crème, en forme de « C », dont la tête sombre est enfoncée dans le thorax;</li> <li>ce ravageur dégage une odeur de moisi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>les femelles pondent leurs œufs par grappes à la surface des grains;</li> <li>les larves éclosent et creusent des trous dans les grains;</li> <li>complète son cycle biologique à l'intérieur du grain.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>risque de migrer en Ontario à cause du réchauffement climatique;</li> <li>adultes et larves dévorent les grains sains;</li> <li>percent des trous aux contours irréguliers dans les grains;</li> <li>ne laissent derrière eux qu'une coquille vide et une poussière poudreuse;</li> <li>chaque adulte et chaque larve dévorent plusieurs grains;</li> <li>plusieurs individus peuvent s'attaquer au même grain;</li> <li>se nourrit aussi de poussière de grains.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>signaler la présence de ce ravageur à l'entomologiste provincial spécialisé dans les grandes cultures;</li> <li>consulter la publication 812F du MAAARO, <i>Guide de protection des grandes cultures</i>, pour de l'information sur les insecticides et les fumigants.</li> </ul>
<b>Psoque</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>aussi appelé pou des livres et du papier (famille des psocoptères);</li> <li>l'adulte a le corps mou;</li> <li>mesure environ 1–2 mm (<math>\frac{1}{32}</math>–<math>\frac{1}{16}</math> po) de long;</li> <li>sa tête est grosse et ses antennes longues;</li> <li>va du brun au blanc et est souvent opaque;</li> <li>peut être ailé ou non;</li> <li>ressemble à un puceron;</li> <li>les jeunes sont plus petits et légèrement plus pâles que les adultes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>subit une métamorphose incomplète, de sorte que les nymphes ressemblent aux adultes;</li> <li>plusieurs générations;</li> <li>peut se multiplier rapidement si le temps est doux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>n'est pas un ennemi primaire du grain;</li> <li>c'est un ravageur secondaire qui se nourrit de poussière de grains et de grains endommagés;</li> <li>s'ils pullulent, on les voit courir sur le tas de grains — inspecter visuellement la surface du grain à la recherche d'insectes minuscules se déplaçant rapidement;</li> <li>ne se trouvent généralement qu'à la surface du tas de grains.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>le fait de broser et de nettoyer le grain réduit les populations;</li> <li>se trouve dans des lieux humides;</li> <li>l'abaissement du taux d'humidité fait diminuer les populations;</li> <li>consulter la publication 812F du MAAARO, <i>Guide de protection des grandes cultures</i>, pour de l'information sur les insecticides et les fumigants.</li> </ul>
<b>Acariens</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>l'adulte est à peine visible à l'œil nu;</li> <li>mesure environ 0,5 mm (<math>\frac{1}{64}</math> po) de long;</li> <li>est rond;</li> <li>a huit pattes;</li> <li>est brun jaunâtre;</li> <li>les larves ressemblent aux adultes, mais n'ont que six pattes;</li> <li>deux stades nymphaux ont quatre paires de pattes, ce qui les fait ressembler aux adultes.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>ravageur secondaire du grain en cours de détérioration;</li> <li>préfère le grain humide;</li> <li>se nourrit de poussière de grains et de moisissures.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>garder le grain sec et en bon état;</li> <li>consulter la publication 812F du MAAARO, <i>Guide de protection des grandes cultures</i>, pour de l'information sur les insecticides et les fumigants.</li> </ul>









## I 2. Lutte contre les mauvaises herbes

### Pertes de récolte dues aux mauvaises herbes

La concurrence exercée par les mauvaises herbes cause les plus grandes pertes de rendement quand :

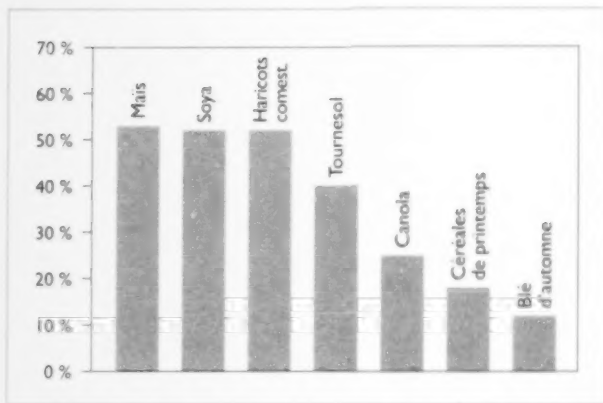
- les mauvaises herbes lèvent avant la culture ou en même temps qu'elle;
- les infestations de mauvaises herbes sont fortes;
- les mauvaises herbes à feuilles larges (dicotylédones) sont présentes, car elles livrent une concurrence plus vive à la culture que les graminées;
- le sol est plutôt sec.

La lutte contre les mauvaises herbes est un aspect important des activités culturales. En général, les pratiques agronomiques qui favorisent une culture saine et une croissance rapide sont le meilleur moyen de livrer une concurrence efficace aux mauvaises herbes. L'élaboration d'un programme de lutte contre les mauvaises herbes doit comprendre le sarclage, la rotation des cultures, diverses autres pratiques culturales ainsi que des traitements herbicides. L'emploi d'une seule méthode ou l'application continue du même herbicide peut entraîner une augmentation des mauvaises herbes qui résistent ou tolèrent cette méthode ou ce produit.

La lutte intégrée contre les mauvaises herbes tire le meilleur parti possible de toutes les stratégies de lutte offertes afin de maîtriser les peuplements de plantes adventices, ce qui permet d'employer moins d'herbicides et d'optimiser les rendements économiques.

Voici un aperçu des stratégies de lutte intégrée contre les mauvaises herbes :

- **Dépistage sur le terrain** — Les opérations de dépistage permettent de déterminer les espèces de mauvaises herbes présentes dans le champ et leurs densités de peuplement. Elles permettent aussi, à la suite d'interventions phytosanitaires, d'évaluer la réussite ou l'échec des programmes de lutte contre les mauvaises herbes qui ont été mis en place.
- **Rotation des cultures** — Efficace contre les mauvaises herbes, particulièrement les vivaces qui envahissent surtout une culture en particulier. Le passage à une culture différente peut permettre d'utiliser des herbicides différents et de recourir à d'autres pratiques de travail du sol qui peuvent se révéler particulièrement efficaces pour combattre des espèces précises de mauvaises herbes. Par exemple, les fourrages sont connus pour réduire les populations de mauvaises herbes annuelles au cours de la première année de la culture suivante, mais les mauvaises herbes annuelles peuvent nuire à l'établissement des fourrages.
- **Caractéristiques des cultures et des cultivars ou des hybrides** — La récolte des céréales en début de saison offre une occasion d'affaiblir les mauvaises herbes afin qu'elles soient mieux maîtrisées vers la fin de l'été. Les mauvaises herbes qu'on laisse pousser après la récolte de céréales peuvent contribuer à enrichir considérablement la banque de graines de mauvaises herbes contenues dans le sol, ce qui expose les cultures suivantes à des problèmes d'infestation plus sérieux. S'abstenir de laisser pousser les mauvaises herbes après la récolte, pour éviter qu'elles ne parviennent à maturité et qu'elles ne montent à graines. Après la récolte des céréales, commencer les traitements dirigés contre les mauvaises herbes annuelles avant ceux qui sont dirigés contre les vivaces, comme le laïteron des champs et le liseron des champs.
- **Cultures de couverture** — Le fait d'inclure dans l'assolement des cultures de couverture comme le seigle, le trèfle rouge, le sarrasin et le radis oléagineux, l'avoine ou des cultures qui restent sur pied l'hiver comme les fourrages ou blés d'automne peut retarder la croissance des mauvaises herbes. Au moment de choisir une culture de couverture, toujours se demander quels effets la culture de couverture et sa gestion peuvent avoir sur la culture qui la suit.
- **Engrais (surtout les engrais azotés)** — Ils ont tendance à stimuler la germination de certaines espèces, ce qui peut influencer la concurrence qui s'exerce entre les cultures et les mauvaises herbes et ce, même dans les cultures subséquentes. L'application en bandes de phosphore et de potassium a tendance à concentrer les éléments nutritifs là où la culture y a accès. L'épandage d'azote en bandes dérange le sol, ce qui peut stimuler la germination des mauvaises herbes, mais ce type d'épandage laisse par contre l'azote sur une étroite bande et sous la profondeur à laquelle la plupart des mauvaises herbes germent et poussent.
- **Densité de peuplement et écartement des rangs** — La largeur des rangs peut aussi influencer la croissance des mauvaises herbes. Des rangs étroits, des peuplements denses et des cultivars qui poussent rapidement peuvent donner à la culture une longueur d'avance sur les mauvaises herbes. Pour s'assurer que la culture concurrence bien les mauvaises herbes, utiliser des semences vigoureuses et de haute qualité de manière à obtenir des peuplements uniformes, et respecter les densités de peuplement recommandées. Des semis profonds peuvent retarder la levée et favoriser la croissance des mauvaises herbes, mais ils peuvent aussi donner de bons résultats en permettant d'effectuer un sarclage superficiel avant la levée de la culture et d'éliminer la première vague de mauvaises herbes annuelles à racines superficielles.
- **Pratiques de travail du sol et lutte mécanique contre les mauvaises herbes**
  - **Semis direct** — Les graines de mauvaises herbes présentes dans le sol sont concentrées à 75 % dans les 5 premiers cm (2 po) de sol. L'utilisation d'herbicides de contact donne de bons résultats contre un grand nombre de mauvaises herbes vivaces comme le chiendent ou le laïteron.
  - **Labour avec une charrue à versoirs** — Répartit mieux les graines sur toute la profondeur du sol.
  - **Hersage en plein** — Détruit les plantules de mauvaises herbes juste avant la levée de la culture.
  - **Passage de la houe rotative** — À 10-20 km/heure, les dents de la houe rotative soulèvent et malaxent la terre, déracinant ainsi les petites mauvaises herbes juste avant ou peu après la levée de la culture.



**Figure 12-1.** Pertes de rendement types attribuables à la concurrence livrée par les mauvaises herbes dans les grandes cultures

D'après des données tirées de plusieurs sources (voir ci-dessous).\*

- Travail des entre-rangs — Le travail superficiel entre les rangs des cultures en lignes déracine les mauvaises herbes jeunes et sectionne les plus développées. Le succès de l'intervention dépend de la hauteur de la culture par rapport à celle des mauvaises herbes.
- Fauchage ou tonte — Contribue à réduire les peuplements de mauvaises herbes dans les cultures de céréales, les cultures fourragères nouvellement établies ou le chaume de céréales.
- Pratiques liées à l'utilisation des instruments aratoires — Les graines de mauvaises herbes peuvent être transportées d'un champ à l'autre par les instruments aratoires, les moissonneuses-batteuses, le matériel de travail du sol, les érosions éolienne et hydrique, les animaux et les oiseaux. Les mauvaises herbes peuvent aussi infester un champ à la suite d'un épandage de fumier ou de tout autre amendement apporté au sol. De bonnes pratiques d'assainissement et de nettoyage du matériel de même que l'entretien du pourtour des champs sont autant de moyens d'assurer à long terme une lutte efficace contre les mauvaises herbes.

Pour plus d'information sur ces stratégies, voir la publication 75F du MAAARO, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*.

\* La figure 12-1, *Pertes de rendement types attribuables à la concurrence livrée par les mauvaises herbes dans les grandes cultures*, s'appuie sur des données tirées des sources suivantes :

Weed Science Research Program, Département de Phytotechnie, Université de Guelph (1986–2008).

Wall et Smith. *Canadian Journal of Plant Science*, 2000, Vol. 80, N° 2, p. 411–47.

Milberg et Hallgren. *Field Crops Research*, 2004, Vol. 86, p. 199–209.

Martin et coll. *Critical Period of Weed Control in Spring Canola*, 2001, Vol. 49, p. 325–33.

Varga et coll. *Cereal Research Communications*, 2006, Vol. 34, N° 1, p. 701–04.

**Tableau 12-1.** Périodes critiques d'absence de mauvaises herbes dans les grandes cultures en Ontario

Culture	Période critique d'absence de mauvaises herbes	Source
Maïs	3–10 pointes de feuilles	Swanton (Université de Guelph)
Soya	stade 1–3 feuilles trifoliées (V2–V3)	Swanton (Université de Guelph)
Céréales de printemps	stade 1–3 feuilles (stade 10–13 sur l'échelle de Zadok)	Van Dam, Swanton (Université de Guelph)
Blé d'automne	500–1 000 degrés-jours (temp. de base de 0)	Welsh et coll., 1999 (University of Reading)
Cultures fourragères	Année d'établissement : 4–6 semaines après les semis	Dillehay, Penn State University <a href="http://a-c-s.confex.com/crops/2007asa/techprogram/P30284.HTM">http://a-c-s.confex.com/crops/2007asa/techprogram/P30284.HTM</a>
Canola	De la levée au stade 6 feuilles	Van Acker (Université de Guelph)

### Concurrence livrée aux mauvaises herbes par la culture

Le maïs, le soya, les haricots comestibles et le lin ne livrent pas une concurrence forte aux mauvaises herbes, de sorte que des méthodes de lutte efficaces sont nécessaires pour lutter contre les mauvaises herbes durant la période critique si l'on veut réduire au minimum les pertes de rendement. Par contre, le canola, le tournesol et les céréales de printemps et d'automne sont davantage des concurrents à leur mesure, comme le montre la figure 12-1, *Pertes de rendement types attribuables à la concurrence livrée par les mauvaises herbes dans les grandes cultures*, sur cette page. Il reste qu'un bon désherbage en début de saison contribuera à réduire les pertes de rendement attribuables aux mauvaises herbes.

### Périodes critiques d'absence de mauvaises herbes dans les grandes cultures

Le maintien d'un bon programme de lutte contre les mauvaises herbes durant la période critique suffit à limiter les pertes de rendement à moins de 5 %. Les mauvaises herbes qui germent par la suite ont peu d'incidence sur les rendements et produisent relativement peu de graines.

L'étiquette des herbicides de postlevée indique le stade de croissance des mauvaises herbes où les mesures de lutte donnent un maximum de résultats. Le choix du moment de l'intervention visant à lutter contre les mauvaises herbes doit tenir compte à la fois de la période critique pour la culture et du stade de croissance optimal des mauvaises herbes.

Les périodes critiques précisées dans le tableau 12-1, *Périodes critiques d'absence de mauvaises herbes dans les grandes cultures en Ontario*, sur cette page, correspondent à une plage de temps. La période critique d'absence de mauvaises herbes varie d'une année à l'autre et d'une région à l'autre en raison des variations de climat, de type de sol, d'espèces de mauvaises herbes et de densités de peuplement. Ainsi, elle surviendra plus tôt dans les champs dotés

**Tableau 12-2.** Pertes de rendement du maïs et du soja dues aux mauvaises herbes dans différentes conditions d'humidité du sol

Précipitations (en mm, de mai à août)	Pertes de rendement dues aux mauvaises herbes dans :	
	le maïs	le soja
458	18 %	23 %
218	96 %	84 %

Source : Weed Science Research Program, Département de phytotechnie, Université de Guelph (1986-2008).

d'un sol à texture légère soumis à un stress hydrique et fortement envahis de mauvaises herbes. En pareil cas, le fait de repousser les interventions à la fin de la période critique se traduirait probablement par des pertes de rendement significatives.

### **Influence de l'humidité du sol sur la concurrence exercée par les mauvaises herbes**

Quand l'humidité est abondante dans le sol, la concurrence exercée par les mauvaises herbes a moins de répercussions sur les rendements. Le tableau 12-2, *Pertes de rendement du maïs et du soja dues aux mauvaises herbes dans différentes conditions d'humidité du sol*, sur cette page, compare les pertes de rendement dans les cultures de maïs et de soja attribuables aux mauvaises herbes au Centre de recherches d'Elora au cours d'une saison pluvieuse et au cours d'une saison sèche.

### **Influence des espèces de mauvaises herbes sur les pertes de rendement**

Le dépistage détermine les espèces de mauvaises herbes présentes et leurs densités de peuplement respectives dans le champ. Certaines mauvaises herbes sont plus concurrentielles que d'autres. Le tableau 12-3, *Pertes de rendement attribuables aux mauvaises herbes dans le soja et le maïs en fonction de densités de peuplement connues*, sur cette page, compare les pertes de rendement causées par les différentes espèces de mauvaises herbes.

On doit tenir compte de la concurrence exercée par les mauvaises herbes au moment de décider s'il y a lieu de traiter les mauvaises herbes ayant échappé aux traitements antérieurs. Les estimations du tableau 12-3 reposent sur des conditions météorologiques normales et des taux d'humidité convenables. Elles supposent également que les mauvaises herbes lèvent en même temps que la culture. Les pertes de récolte peuvent s'accroître si le sol est plus sec et varier en fonction des conditions de stress.

On doit tenir compte également de l'incidence des peuplements de mauvaises herbes sur la qualité de la récolte et sur les méthodes de récolte. Par exemple, la morelle noire de l'Est ne menace pas les rendements outre mesure, mais elle peut avoir des conséquences désastreuses sur la qualité de la récolte du soja à identité préservée.

### **Lutte mécanique contre les mauvaises herbes**

Un hersage en plein à l'aide d'une herse légère opérant peu profondément, avant la levée de la culture, ou à l'aide d'une herse-

**Tableau 12-3.** Pertes de rendement attribuables aux mauvaises herbes dans le soja et le maïs en fonction de densités de peuplement connues dans l'hypothèse où les mauvaises herbes lèvent en même temps que la culture

Culture	Perte (en %)	
	(1 plant/m <sup>2</sup> )	(5 plants/m <sup>2</sup> )
<b>Maïs</b>		
<b>Dicotylédones annuelles</b>		
Grande herbe à poux	13	36
Chénopode blanc	12	35
Amarante	11	34
Lampourde glouteron	6	22
Herbe à poux	5	21
Moutarde des champs	5	18
Abutilon	4	15
Renouée persicaire	3	13
Renouée liseron	2	10
Morelle noire de l'Est	2	7
<b>Graminées annuelles</b>		
Sétaire géante	2	10
Panic millet	2	10
Panic d'automne	2	10
Pied-de-coq	2	7
Sétaire verte	2	7
Sétaire glauque	1	5
Panic capillaire	1	5
Digitaire	1	3
<b>Soja</b>		
<b>Dicotylédones annuelles</b>		
Lampourde glouteron	15	41
Morelle noire de l'Est <sup>1</sup>	14	40
Grande herbe à poux	14	40
Chénopode blanc	13	38
Amarante	12	36
Herbe à poux	10	33
Abutilon	6	23
Moutarde des champs	5	20
Renouée persicaire	4	15
Renouée liseron	4	15
<b>Graminées annuelles</b>		
Mais spontané	4	15
Sétaire géante	3	12
Panic millet	3	12
Pied-de-coq	3	12
Panic d'automne	2	10
Sétaire verte	2	8
Sétaire glauque	1	5
Panic capillaire	1	4
Digitaire	1	4

Adaptation d'un tableau tiré de [www.wedpro75.com](http://www.wedpro75.com).

<sup>1</sup> La morelle noire de l'Est réduit la qualité du soja.

bineuse (munie de dents flexibles en équerre), lorsque la culture atteint 5-10 cm (2-4 po) de hauteur, procure une certaine maîtrise des plantules de graminées annuelles. Il faut que les mauvaises

herbes soient petites et que la surface du sol soit sèche et meuble. Un travail du sol rapide (10 km/h) et peu profond (2,5–3 cm ou 1–1 ½ po) avec une houe rotative, quand le maïs a 7–8 cm (3 po) de hauteur ou quand les haricots sont au stade 1–2 feuilles, détruit une partie des plantules de mauvaises herbes. Ces techniques ne réduisent pas l'action des herbicides et peuvent, certaines années, accroître l'efficacité du désherbage chimique. Lorsque le sol est sec, le passage de la houe rotative sur une culture de haricots comestibles 7–10 jours suivant les semis aide à maîtriser les mauvaises herbes en train de lever, mais peut également activer les herbicides radiculaires en les mettant en contact avec l'humidité du sol. Il est peu probable que la houe rotative enlève bien des mauvaises herbes ayant dépassé le stade 2 feuilles vraies.

Le sarclage entre les rangs peut être un complément aux autres méthodes de désherbage; il est plus efficace lorsque les mauvaises herbes sont petites. Le sarclage doit se faire en surface pour empêcher la germination de nouvelles mauvaises herbes, diminuer les pertes d'humidité et éviter les dommages aux racines du maïs. Un sarclage entre les rangs peut être nécessaire lorsque des mauvaises herbes ont échappé au traitement herbicide. On considère que les mauvaises herbes ont échappé au traitement quand elles ont 5–7 cm (2–3 po) de hauteur. Étant donné que le sarclage donne de moins bons résultats contre les mauvaises herbes plus avancées, il faut l'effectuer le plus tôt possible après l'échec d'un traitement herbicide. Si les mauvaises herbes sont trop avancées, envisager d'autres traitements herbicides.

L'application des herbicides en bandes réduit le coût de moitié aux deux tiers, selon l'espace entre les rangs et la largeur de la bande. Il s'agit ensuite de maîtriser les mauvaises herbes entre les bandes à l'aide d'un sarclage superficiel. Tenir compte de la combinaison des deux opérations au moment d'évaluer s'il est rentable d'appliquer les herbicides de cette manière.

## Résistance aux herbicides

On trouve en Ontario au moins dix-huit espèces de mauvaises herbes résistant à des herbicides. Les herbicides visés ont six modes d'action différents. Les espèces résistantes dominent un peuplement de mauvaises herbes quand des herbicides ayant le même mode d'action sont utilisés de façon répétée. La vitesse d'apparition de la résistance varie en fonction de la rotation des cultures et des modes d'action des produits employés à répétition. L'application des principes de la lutte intégrée contre les mauvaises herbes retarde l'apparition de peuplements de mauvaises herbes résistant aux herbicides. Voici une série de mesures destinées à prévenir ou à tout le moins à ralentir la prolifération des mauvaises herbes résistantes :

- identifier les mauvaises herbes, inspecter les champs et tenir des registres;
- pratiquer la rotation des cultures et des herbicides;
- empêcher la dissémination des mauvaises herbes;
- recourir à des moyens de lutte autres que la lutte chimique.

Pour les mises à jour sur les méthodes de lutte contre les résistances et les méthodes de dépistage des mauvaises herbes résistantes, voir [www.plant.uoguelph.ca/resistant-weeds](http://www.plant.uoguelph.ca/resistant-weeds).

## Blessures causées par les herbicides

Les herbicides ne devraient pas causer de blessures à la culture traitée si le mode d'emploi du produit est respecté. Néanmoins, tous les herbicides, lorsqu'ils sont appliqués sans précautions, risquent d'endommager les cultures. Les causes les plus fréquentes de blessures par les herbicides sont les suivantes :

- présence de résidus d'herbicides de l'année précédente, notamment dans les zones où les pulvérisations se sont chevauchées;
- concentration excessive des produits, par erreur de calcul ou chevauchement des pulvérisations;
- contamination d'un fongicide ou d'un insecticide par un résidu d'herbicide présent dans le réservoir de mélange (par exemple, pulvérisation, sur du blé d'hiver, de Folicur contenant des résidus d'Ultim; le traitement provoquera des dommages considérables aux plants et entraînera une baisse importante des rendements);
- dérive d'un herbicide pulvérisé sur des cultures voisines;
- application, sur une culture, d'un herbicide après le stade de croissance prévu (dans le cas d'une culture céréalière, l'application tardive d'herbicide — près du stade d'épiaison, par exemple — risque de nuire à la pollinisation et de réduire les rendements);
- conditions ambiantes défavorables lors de l'application de l'herbicide ou au moment de la levée de la culture :
  - une fluctuation de la température de plus de 20 °C ou un maximum diurne dépassant 30 °C augmentera de beaucoup le risque de blessures;
  - une violente averse immédiatement après l'application au sol d'un herbicide pourra faire jaillir des gouttelettes de solution chimique sur les feuilles et les « brûler ».

Le stade de croissance de la culture, la ou les cultivars utilisés, les facteurs de stress, les conditions ambiantes et la nature des produits chimiques et des adjuvants présents dans le mélange herbicide pulvérisé sur les cultures auront aussi une influence sur l'étendue et la gravité des dommages éventuels. Lorsqu'une culture est soumise à un stress, son aptitude à métaboliser les herbicides s'en trouve réduite : elle sera en conséquence plus exposée aux blessures. Le mode d'action de l'herbicide influencera également la gravité des blessures. En général, les blessures infligées par des herbicides de contact peuvent paraître plus graves que celles qui sont causées par des herbicides systémiques, mais ces derniers, parce qu'ils agissent à long terme, peuvent en définitive s'avérer plus dommageables. On trouvera, sur le mode d'emploi de chaque herbicide, une section de mise en garde décrivant les situations présentant un risque accru de dommages aux cultures. Il est important de lire et de suivre soigneusement les recommandations du fabricant pour réduire au minimum les risques de dommages aux cultures.

Voir le tableau 12–4, *Classement des blessures causées par les herbicides en fonction des organes atteints*, page en regard.



Tableau 12-4. Classement des blessures causées par les herbicides en fonction des organes atteints

Métabolismes perturbés ou organes atteints	Symptômes
<b>Domages aux plantules nouvellement levées</b> (planches 39-41, p. 285)	
<b>Dinitroanilines (groupe 3)</b> (action systémique – mobilité dans le xylème) p. ex., Prowl, Treflan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les plants ont du mal à lever, ils sont rabougris et leurs racines latérales sont courtes et épaisses.</li> <li>Les répercussions sur le rendement dépendent de la gravité des dommages et du stade de la culture au moment où ceux-ci se produisent.</li> </ul>
	<b>Graminées</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les plantules sont courtes et épaisses et peuvent avoir une coloration rouge ou violette.</li> </ul>
	<b>Dicotylédones</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'hypocotyle (portion de la tige située sous les cotylédons) peut être gonflé et fendillé.</li> </ul>
<b>Chloroacétamides (groupe 15)</b> (action systémique – mobilité dans le xylème) p. ex., Dual II Magnum, Frontier Max, Define	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les tigelles sont rabougries et les plantules qui parviennent à lever sont malformées.</li> <li>Les répercussions sur le rendement dépendent de la gravité des dommages et du stade de la culture au moment où ceux-ci se produisent.</li> </ul>
	<b>Graminées</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les graminées peuvent émettre leurs feuilles sous le sol et les tigelles prennent un aspect anormal quand les feuilles ne se déploient pas correctement.</li> </ul>
	<b>Dicotylédones</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les feuilles sont crispées et la nervure centrale est courte, ce qui donne à la feuille la forme d'un cœur et l'air d'avoir été frôlée en son milieu par un lacet de serrage.</li> </ul>
<b>Lésions se manifestant sur les tissus foliaires plus vieux (susceptibles de migrer vers le haut)</b> (planche 42, p. 285, et planche 43, p. 286)	
<b>Herbicides systémiques inhibiteurs de la photosynthèse</b> (action systémique – mobilité dans le xylème)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ces herbicides migrent seulement dans le xylème (vers le haut seulement).</li> <li>Les dommages se manifestent après la sortie des cotylédons et des premières feuilles vraies.</li> <li>Elles comprennent le jaunissement du bord ou de la pointe des feuilles et le jaunissement des zones internervaires chez les dicotylédones.</li> </ul>
<b>Triazines (groupe 5)</b> p. ex., Atrazine, Sencor, Princep Nine-T	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les feuilles les plus âgées et les plus grandes sont atteintes en premier.</li> <li>Les tissus foliaires lésés finissent par brunir et mourir.</li> <li>Les plantes croissant en sols à pH élevé (plus de 7,2) subissent plus de dommages.</li> </ul>
<b>Urées substituées (groupe 7)</b> p. ex., Lorox	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les répercussions sur le rendement dépendent de la gravité des dommages et du stade de la culture au moment où ceux-ci se produisent.</li> </ul>
<b>Herbicides agissant immédiatement, à diffusion nulle</b> (planches 44-48, p. 286)	
<b>Herbicides non systémiques inhibiteurs de la photosynthèse (groupe 6)</b> (herbicides de contact) p. ex., Basagran, Pardner	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ne sont endommagés que les tissus qui sont entrés en contact avec l'herbicide.</li> <li>Le plus souvent, les feuilles présentent des mouchetures, des marbrures ou la brûlure des pointes et un bronzage.</li> <li>Les concentrés d'huile minérale et autres additifs peuvent intensifier les symptômes.</li> <li>Malgré qu'elles soient peu esthétiques, les lésions n'ont en général pas de répercussions sur le rendement.</li> </ul>
	<b>Graminées</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les graminées tolèrent généralement les inhibiteurs de la photosynthèse non systémiques.</li> </ul>
<b>Acides aminés phosphorylés (aussi appelés acides phosphiniques) (groupe 10)</b> (herbicides de contact à faible mobilité dans le phloème et le xylème) p. ex., Liberty, Ignite	<ul style="list-style-type: none"> <li>La chlorose et le jaunissement apparaissent généralement au bout de trois à cinq jours, puis une nécrose se manifeste au bout d'une à deux semaines.</li> <li>Les symptômes apparaissent plus vite si l'ensoleillement est abondant et l'humidité est élevée.</li> <li>Les répercussions sur le rendement sont en général importantes.</li> </ul>
<b>Éthers de diphenyle (groupe 14)</b> (herbicides de contact) p. ex. Reflex, Blazer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Des petites taches rougeâtres peuvent apparaître à la surface des feuilles peu après le traitement.</li> <li>Il existe un lien étroit entre les taches et la configuration du jet.</li> <li>Les plantes qui ne meurent pas cessent parfois de se développer pendant environ une semaine.</li> <li>Les huiles minérales et autres additifs peuvent intensifier les lésions causées aux plants.</li> <li>Malgré qu'elles soient peu esthétiques, les lésions n'ont en général pas de répercussions sur le rendement.</li> </ul>
<b>Dipyridyles (groupe 22)</b> (herbicides de contact) p. ex., Reglone, Gramoxone	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les lésions apparaissent très rapidement (un jour ou deux après le traitement).</li> <li>Les feuilles des plants lésés prennent un aspect flasque et aqueux, puis leurs tissus brunissent.</li> <li>De petites taches foliaires se manifestent sur les plants touchés par la dérive du brouillard herbicide.</li> <li>Ces blessures peuvent avoir de lourdes conséquences sur les rendements.</li> <li>Les vivaces atteintes repousseront.</li> </ul>
<b>Additifs (aucun groupe précis)</b> Domage causé par un surfactant ou du NAU 28 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>Brunissement intense des tissus foliaires.</li> <li>Les tissus qui sortent par la suite sont normaux.</li> <li>Les symptômes sont communs quand du NAU 28 % est utilisé comme support aux herbicides dans les céréales ou quand la dose de surfactant utilisée est trop forte.</li> <li>Les lésions sont surtout de nature esthétique avec peu de répercussions sur les rendements, pourvu que l'aspect de la culture n'en souffre pas trop.</li> </ul>



Tableau 12-4. Classement des blessures causées par les herbicides en fonction des organes atteints

Métabolismes perturbés ou organes atteints	Symptômes
<b>Herbicides lésant les jeunes pousses et susceptibles de migrer des feuilles aux racines</b> (planches 49-54, p. 287, et planches 55-68, p. 288-290)	
<b>Herbicides inhibiteurs de la synthèse des lipides (ACCase) (groupe 1)</b> (action systémique – mobilité dans le phloème) p. ex., Assure II, Excel, Poast Ultra, Venture	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les tissus foliaires jeunes jaunissent ou rougissent, puis brunissent; les feuilles du verticille s'arrachent à la moindre traction.</li> <li>Les symptômes apparaissent lentement (7-14 jours).</li> <li>Les répercussions sur le rendement sont importantes.</li> </ul>
<b>Herbicides inhibiteurs de la synthèse des acides aminés (groupe 2)</b> (action systémique – mobilité dans le phloème) p. ex., Accent, Classic, Pinnacle, Pursuit, Ultin	<b>Graminées</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ces herbicides n'endommagent que les graminées.</li> </ul>
<b>Régulateurs de croissance (groupe 4 – Acides phénoxys)</b> (action systémique – mobilité dans le phloème) p. ex., 2,4-D, 2,4-DB, MCPA, MCPA/MCPB	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raccourcissement des entre-nœuds.</li> <li>Déformation des feuilles et jaunissement des régions internervaires.</li> <li>Revers des feuilles présentant parfois des nervures rouges ou violettes.</li> <li>Les symptômes mettent de une à deux semaines à apparaître.</li> <li>Les répercussions sur le rendement dépendent de la gravité des dommages et du stade de la culture au moment où ceux-ci se produisent.</li> </ul>
<b>Régulateurs de croissance (groupe 4 – acides benzoïques)</b> (action systémique – mobilité dans le phloème) p. ex., Banvel II, Distinct	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chez les dicotylédones, on observe des tiges tordues et des feuilles malformées (feuilles à bords relevés en « cuillère », crispées, rubanées, à nervures parallèles).</li> <li>Le 2,4-D amène un allongement des pétioles des feuilles trifoliées du soja, ce que ne font pas les herbicides à base d'acide benzoïque (p. ex. Banvel II).</li> <li>Chez les plants de maïs, on voit des feuilles enroulées en « feuilles d'oignon », des racines d'ancrage soudées, des tiges fragiles et recourbées en « col de cygne », des grains manquants sur l'épi.</li> <li>Chez les céréales à paille, les feuilles de l'épi sont tordues, les fleurs stériles ou dédoublées, les barbes vrillées et les épis malformés.</li> <li>Les répercussions sur le rendement dépendent de la gravité des dommages et du stade de la culture au moment où ceux-ci se produisent.</li> </ul>
<b>Régulateurs de croissance (groupe 4 – acides pyridiniques)</b> (action systémique – mobilité dans le phloème) p. ex., Lontrel, Milestone	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les lésions causées par le dicamba ressemblent à celles qui sont causées par les acides de type phénoxy, mais chez les dicotylédones, la déformation des feuilles en « cuillère » est plus fréquente que les taches rubanées des tissus foliaires.</li> <li>Comparativement au 2,4-D, les acides benzoïques peuvent causer plus de déformation des tiges en « col de cygne » chez le maïs et plus de verse chez les petites céréales (surtout le blé).</li> <li>Les répercussions sur le rendement dépendent de la gravité des dommages et du stade de la culture.</li> </ul>
<b>Herbicides inhibiteurs de la synthèse des acides aminés aromatiques (groupe 9)</b> (action systémique – mobilité dans le phloème) p. ex., Roundup, Weathermax, Touchdown Total	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caused les mêmes lésions que les herbicides à base d'acides phénoxys et d'acides benzoïques.</li> <li>Les légumineuses (soja, luzerne, trèfle) sont extrêmement sensibles aux acides pyridiniques.</li> <li>Les répercussions sur le rendement des espèces sensibles sont importantes.</li> </ul>
<b>Herbicides inhibiteurs des pigments (herbicides décolorants) (groupe 11)</b> p. ex., Amitrol 240 <b>Inhibiteurs de la biosynthèse des caroténoïdes (groupe 13)</b> p. ex., Command <b>Inhibiteurs de la dioxigénase du pyruvate de p-hydroxyphényle (HPPD) (groupe 27)</b> p. ex., Callisto, Converge, Impact, Infinity	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les symptômes se manifestent d'abord par la décoloration des nouveaux tissus foliaires, qui progressivement jaunissent et brunissent (se nécrosent).</li> <li>Ces dommages ont en général peu de répercussions sur les rendements, sauf s'ils sont étendus.</li> </ul>





# 13. Déprédateurs des grandes cultures

Les ravageurs qui infestent et endommagent plus d'une culture sont décrits sous *Ravageurs généraux des grandes cultures*, ci-dessous. On trouve sous cette rubrique des descriptions des techniques de dépistage et des stratégies de lutte à utiliser dans chaque culture. L'information relative aux ravageurs qui s'attaquent à une seule culture est présentée dans la section du présent chapitre qui porte sur la culture en cause. Les traitements préconisés pour lutter contre ces ravageurs sont décrits dans la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.

La publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*, complète le présent document. On y trouve de l'information sur les méthodes de lutte intégrée ainsi que sur les ravageurs et maladies des cultures et les produits à utiliser pour les combattre. Voir à ce sujet le site du MAAARO, [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

## Ravageurs généraux des grandes cultures

### Ravageurs terrioles

#### ASTICOTS

##### maïs, soya, fourrages et céréales d'automne

Plusieurs types d'asticots s'attaquent aux grandes cultures. L'asticot du hanneton européen, ou « ver blanc », est celui qui cause le plus de problèmes en Ontario, mais les asticots du hanneton commun et du scarabée japonais sont aussi à surveiller. Il faut bien identifier les espèces d'asticots à combattre puisque les stratégies de lutte doivent être adaptées au cycle de vie de chaque espèce.

**Description :** Les asticots sont des larves de couleur blanche en forme de « C », avec une tête brun-orange et un postérieur noir. Pour identifier correctement l'espèce, il faut examiner les soies de l'écusson anal de la larve à l'aide d'une loupe. Ces soies sont situées sous la larve, sur son dernier segment abdominal. Chaque espèce présente un écusson anal de forme différente. L'identification de l'espèce permettra de déterminer à quel moment elle se nourrit et à quel moment on pourra la combattre le plus efficacement.

**Dommages :** Les asticots se nourrissent des racines fibreuses des plants, à une profondeur de 3 à 5 cm (1–2 po) de la surface. Les larves coupent les racines de sorte que le plant ne peut atteindre son plein développement et finit par dépérir. Les infestations importantes se traduisent par un faible taux de levée des plants et la mort de ceux-ci. Les cultures à risque comprennent le maïs, le soya, le blé et les cultures fourragères. Les champs situés à proximité d'étendues herbeuses — comme pelouses, terrains de golf et pâturages — sont particulièrement menacés. Les dommages aux cultures dépendent de l'époque des semis et de la levée des plants en relation avec les besoins alimentaires des larves. En reportant les semis après le stade larvaire de l'espèce en question, on pourra protéger les cultures de ses attaques. On

évitera aussi les dommages connexes causés par divers prédateurs, comme les moufettes et les ratons laveurs, qui creusent le sol pour y trouver les asticots dont ils se nourrissent — bien que ces dommages ont rarement une incidence économique.

La figure 13-1, *Cycles biologiques et périodes d'alimentation des principaux asticots (hanneton européen, hanneton commun et scarabée japonais)*, page suivante, fait ressortir les différences et les similitudes dans les cycles biologiques.

### HANNETON EUROPÉEN (VER BLANC)

#### (*Rhizotrogus majalis*)

##### maïs, fourrages, céréales

**Description :** Les larves du hanneton européen, les « vers blancs » annuels qu'on connaît, se distinguent des autres asticots par le motif en « Y » que forment les soies de l'écusson anal (planche 59, p. 288). L'adulte est un hanneton de taille moyenne, d'environ 14 mm ( $\frac{1}{2}$  po), brun clair et de forme ovale, qui ressemble à s'y méprendre au hanneton indigène.

**Cycle biologique :** Ce ravageur ne produit qu'une seule génération par an. Il hiverne à l'état de larve (« ver blanc ») dans le sol, sous la ligne de gel. En avril, les larves du hanneton européen remontent vers la surface et se nourrissent des racines des plantes. Elles résistent davantage au froid que les autres espèces d'asticots, de sorte qu'elles peuvent commencer à se nourrir sitôt le sol dégelé, avant même la fonte des neiges. Les larves cessent de s'alimenter à la mi-mai, qui marque le début de la pupaison. Celle-ci dure jusqu'à la mi-juin. Les hannetons adultes sortent du sol entre le début juin et le début juillet pour s'accoupler. Ils se rassemblent pour le vol nuptial et forment alors des essaims visibles à la brunante. Les femelles adultes recherchent ensuite des sols humides et frais dans les pelouses ou les champs avoisinants pour y pondre leurs œufs. Les œufs éclosent et les larves nouvellement écloses commencent à se nourrir de racines du début d'août jusqu'à ce que le sol gèle. Ces larves s'enfoncent alors sous la ligne de gel pour y hiverner.

**Dommages :** Au printemps, les dommages causés par l'alimentation des larves sont à craindre d'avril à la moitié ou à la fin de mai. Le maïs et les fourrages sont les cultures les plus à risque. Le soya a tendance à être épargné lorsqu'il est semé après la mi-mai. À l'automne, les dommages causés par les larves se manifestent surtout dans le blé d'automne. Les adultes causent peu de dommages, sinon aucun.

**Technique de dépistage :** L'idéal est de faire le dépistage du hanneton européen à l'automne dans le chaume de soya sur pied. Prêter davantage attention aux buttes sablonneuses et aux zones ayant déjà présenté des marques d'infestation. À l'aide d'une pelle, creuser un carré d'environ 30 cm (1 pi) de côté sur environ 7,5–10 cm (3–4 po) de profondeur, dans au moins cinq zones distinctes du champ. Ameublir le sol à la main de manière à briser les mottes, puis compter le nombre de vers blancs présents dans chaque échantillon.

Insecte	janv.-mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept.	oct.	nov.-déc.
Hanneton européen	hivernation des larves du 3 <sup>e</sup> stade larvaire	alimentation et pupaison des larves du 3 <sup>e</sup> stade larvaire		sortie des adultes, accouplement et ponte; absence d'alimentation		alimentation des larves du 1 <sup>er</sup> stade larvaire	alimentation des larves du 2 <sup>e</sup> stade larvaire	alimentation des larves du 3 <sup>e</sup> stade larvaire	hivernation des larves du 3 <sup>e</sup> stade larvaire
Hanneton commun	An 1	hivernation des adultes dans le sol		sortie des adultes, accouplement et ponte		éclosion des œufs; alimentation des larves du 1 <sup>er</sup> stade larvaire	alimentation des larves du 2 <sup>e</sup> stade larvaire	hivernation des larves du 2 <sup>e</sup> stade larvaire	
	An 2	hivernation des larves du 2 <sup>e</sup> stade larvaire	alimentation des larves du 2 <sup>e</sup> stade larvaire		alimentation des larves du 3 <sup>e</sup> stade larvaire			hivernation des larves du 3 <sup>e</sup> stade larvaire	
	An 3	hivernation des larves du 3 <sup>e</sup> stade larvaire	alimentation des larves du 3 <sup>e</sup> stade larvaire		pupaison et hivernation des adultes dans le sol				
Scarabée japonais		hivernation des larves du 3 <sup>e</sup> stade larvaire	alimentation des larves du 3 <sup>e</sup> stade larvaire		sortie des adultes, accouplement et ponte; absence d'alimentation	alimentation des larves du 1 <sup>er</sup> stade larvaire	alimentation des larves du 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> stades larvaires	hivernation des larves du 3 <sup>e</sup> stade larvaire	

**Figure 13-1.** Cycles biologiques et périodes d'alimentation des principaux asticots (hanneton européen, hanneton commun et scarabée japonais). (Les zones ombrées indiquent les stades nuisibles.)

**Seuil d'intervention dans le maïs et les céréales :** La présence de deux larves ou plus par carré de 30 cm (1 pi) de côté indique la nécessité d'intervenir.

**Seuil d'intervention dans les cultures fourragères :** Aucun seuil n'a été établi, mais la présence de deux larves ou plus par carré de 30 cm (1 pi) de côté rend une intervention pertinente, surtout la première année de culture.

**Stratégies de lutte dans toutes les cultures :**

- Le travail du sol et le passage des disques comptent parmi les méthodes de lutte culturale qui ramènent les vers blancs à la surface où ils sont exposés aux éléments et aux prédateurs (p. ex. oiseaux, mouffettes, rats laveurs). Pour de bons résultats, le labour d'automne doit se faire avant que les vers blancs migrent sous la semelle de labour.
- Il n'existe aucun traitement de secours.

**Stratégies de lutte dans le maïs et les céréales :**

- Utiliser un traitement des semences homologué pour combattre le hanneton européen.
- Si les populations sont fortes (c.-à-d. quatre vers blancs ou plus par carré de 30 cm de côté (1 pi<sup>2</sup>), utiliser la dose supérieure de l'insecticide pour traiter les semences.
- Éviter de semer du maïs si les populations de hannetons européens sont extrêmement abondantes; semer plutôt du soja.
- Faire les semis dans des conditions de sol idéales afin que la culture s'établisse rapidement et soit à même de tolérer des infestations de légères à modérées.

**Stratégies de lutte dans les cultures fourragères :**

- Éviter de semer de la luzerne si les populations de hannetons européens sont fortes. Semer plutôt des cultures dont les semences peuvent être traitées avec des insecticides.
- Un pâturage bien géré comportant un bon mélange de légumineuses et de graminées peut contribuer à freiner les pertes de densités de peuplement. Les vers blancs ont

tendance à se nourrir davantage des espèces de graminées. Il peut être nécessaire pendant quelques années de pratiquer un sursemis ou de reprendre les semis afin de compenser les pertes occasionnées par les vers blancs.

**HANNETON COMMUN (*Phyllophaga* spp.)  
soja, cultures fourragères**

**Description :** La larve se distingue des autres asticots par la forme ovale de son écusson anal où l'on relève deux rangées parallèles d'épines (planche 60, p. 288). Au stade adulte, ce hanneton est légèrement plus gros (environ 20 mm, ou ¾ po) que le hanneton européen et de couleur brun rougeâtre à noir.

**Cycle biologique :** Le hanneton commun a un cycle de vie de trois ans. Les adultes sortent du sol de la mi-mai à la mi-juin pour pondre leurs œufs. Généralement, ils se ressemblent en grand nombre sur les arbres ou arbustes à la nuit tombante pour s'accoupler. Les œufs sont déposés dans un sol humide et éclosent quelques semaines plus tard. Les larves du premier stade larvaire se nourrissent à même les racines des plants et muent en passant au deuxième stade larvaire, avant de s'enfoncer profondément dans le sol pour l'hiver. Le printemps suivant, une fois le sol réchauffé, les larves du deuxième stade larvaire recommencent à se nourrir et restent à l'état larvaire pendant toute la durée de cette deuxième année, mais muent une nouvelle fois pour passer au troisième stade larvaire. Cette deuxième année de leur cycle est donc la plus nuisible aux cultures. Les larves se préparent de nouveau à hiverner en s'enfonçant profondément dans le sol dès l'arrivée du froid; elles y restent jusqu'au printemps. La troisième année, les larves du troisième stade larvaire se nourrissent de racines pendant quelque temps, se transforment en pupes, puis en adultes. Ces derniers resteront en dormance dans le sol pendant le reste de la saison et ne sortiront de leur refuge qu'au printemps suivant.

**Domages :** La gravité des dommages dépend de l'année du cycle de vie de la majorité des larves actives. La deuxième année est la plus préjudiciable aux cultures parce que l'insecte vit alors une pleine



saison de croissance au stade larvaire. Les cultures fourragères et de soya semblent les plus touchées, surtout si les plants sont jeunes. Les adultes peuvent se nourrir d'arbres et de plantes ornementales (comme les rosiers), mais ne s'attaquent pas aux grandes cultures.

**Technique de dépistage :** Concentrer les recherches sur les monticules les plus sablonneux du champ et aux endroits où les insectes ont fait des ravages les années précédentes. Avec une pelle, creuser un trou d'environ 30 cm x 30 cm (1 pi<sup>2</sup>) et de 7 à 10 cm (3 à 4 po) de profondeur, à au moins cinq emplacements différents dans le champ. Ameublir le sol à la main (en brisant les mottes de terre au besoin) et compter le nombre d'asticots dans chaque échantillon.

**Seuil d'intervention :** Aucun seuil d'intervention n'a été établi pour la larve du hanneton commun, mais la présence de deux larves ou plus au même endroit justifie une intervention.

**Stratégies de lutte dans toutes les cultures :**

- Traiter aux insecticides les semences utilisées dans les champs ayant subi dans le passé des dommages causés par les larves, notamment si ces dernières semblent se trouver majoritairement dans la deuxième année de leur cycle de vie.
- Éviter les semis hâtifs lors des printemps frais et pluvieux.
- Rechercher des conditions édaphiques et météorologiques idéales pour les semis, de façon à favoriser une germination rapide et à stimuler la croissance des plantules.
- Il n'existe aucun traitement de secours contre les asticots, mais on peut, en retournant la terre, tuer une partie des larves et les exposer à leurs prédateurs : oiseaux, moufettes et rats laveurs.

**Stratégies de lutte dans les cultures fourragères :**

- Éviter de semer des plantes fourragères dans des champs infestés, notamment si les asticots semblent se trouver majoritairement dans la deuxième année de leur cycle.
- Les champs ayant subi dans le passé des pertes attribuables aux asticots doivent être convertis à une culture dont les semences peuvent être traitées avec un insecticide capable de maîtriser les asticots. Après la mise en œuvre de cette mesure, réévaluer la population d'asticots pour savoir si le champ peut être ensemencé d'une culture fourragère.
- Un pâturage bien géré comportant un bon mélange de légumineuses et de graminées peut contribuer à réduire les pertes de densité de peuplement, étant donné que les asticots préfèrent les graminées. Une reprise des semis ou un sursemis pourrait être indiqué pendant quelques années pour compenser les pertes dues aux asticots.

**SCARABÉE JAPONAIS (*Popillia japonica*)  
soya, cultures fourragères**

**Description :** L'asticot du scarabée japonais se distingue des autres asticots par son écusson anal, large et peu profond, en forme de « V » (planche 61, p. 289). Il est aussi beaucoup plus petit que l'asticot du hanneton européen et celui du hanneton commun. Adulte, le scarabée japonais mesure environ 13 mm (½ po) de longueur et se reconnaît facilement à sa tête vert métallique brillant, à ses ailes d'un reflet cuivré, teintées de vert aux extrémités (planche 62, p. 289). Douze touffes de poils blanchâtres garnissent les bords de ses ailes.

**Cycle biologique :** Le scarabée japonais n'a qu'une seule génération par année. L'insecte hiverne sous forme de larve de troisième stade larvaire enfouie dans le sol, sous la ligne de gel. Le printemps suivant, une fois que la température du sol dépasse 15 °C, les larves se rapprochent de la surface et se nourrissent de racines de plantes jusqu'à la mi ou la fin juin, moment où elles se transforment en pupes et deviennent adultes. L'adulte s'extirpe du sol au début juillet et vit une quarantaine de jours. Après l'accouplement, les femelles pondent leurs œufs dans le sol. Ceux-ci éclosent quelques semaines plus tard. Les larves commencent alors à se nourrir de racines et passent par trois stades larvaires avant de se préparer à hiberner, au début octobre, en s'enfonçant sous la ligne de gel.

**Dommmages :** Le scarabée japonais, aux stades larvaires et adulte, peut s'en prendre aux grandes cultures. Ce ravageur, qu'on trouve partout en Ontario, est surtout présent dans la région de Niagara/Hamilton. Ce sont particulièrement les champs de soya et de foin qui souffrent des dommages aux racines causés par les larves. Les adultes, de leur côté, se nourrissent aussi de soya, de haricots secs comestibles, de cultures fruitières et de plantes ornementales, laissant derrière eux des feuilles qui ne possèdent plus que des nervures.

**Technique de dépistage des larves (asticots) :** Concentrer les recherches sur les monticules les plus sablonneux du champ et aux endroits où les insectes ont fait des ravages les années précédentes. Avec une pelle, creuser un trou d'environ 30 cm x 30 cm (1 pi<sup>2</sup>) et de 7 à 10 cm (3 à 4 po) de profondeur, à au moins cinq emplacements différents dans le champ.

**Technique de dépistage des adultes dans un champ de soya :** Inspecter vingt plants à au moins cinq endroits différents dans le champ. Évaluer ensuite les dommages par comparaison avec la figure 13-2, *Défoliation du soya due aux insectes défoliateurs*, p. 210.

**Seuil d'intervention contre les larves (asticots) :** Aucun seuil d'intervention n'a été établi pour l'asticot du scarabée japonais, mais la présence de deux larves ou plus au même endroit peut justifier une intervention.

**Seuil d'intervention contre les adultes dans des champs de soya :** Si la défoliation dépasse les seuils indiqués dans le tableau 13-3, *Seuils de nuisibilité des insectes défoliateurs pour le soya*, p. 211, un traitement de secours peut être justifié pour éviter des pertes de rendement excessives.

**Stratégies de lutte dans toutes les cultures :**

- Traiter aux insecticides les semences utilisées dans les champs ayant subi dans le passé des dommages causés par les larves.
- Éviter les semis hâtifs lors des printemps frais et pluvieux. Rechercher des conditions édaphiques et météorologiques idéales pour les semis, de façon à favoriser une germination rapide et à stimuler la croissance des plantules.
- Il n'existe aucun traitement de secours contre les asticots, mais on peut, en retournant la terre, tuer une partie des larves et les exposer à leurs prédateurs : oiseaux, moufettes et rats laveurs.
- Pour d'autres recommandations concernant la lutte contre les adultes, voir sous *Insectes défoliateurs*, p. 210.

## VER FIL-DE-FER (*Limonius* spp. et autres) maïs, soya, céréales, haricots secs comestibles

**Description :** Le ver fil-de-fer (ou larve de taupin) est une larve de 7 à 35 mm ( $\frac{1}{2}$ –1  $\frac{1}{2}$  po) de long, cylindrique et de couleur brun cuivré, à exosquelette dur (planche 63, p. 289). L'adulte est un coléoptère qui est capable de se redresser à la verticale lorsqu'il est mis sur le dos, produisant alors un bruit sec qui lui vaut en anglais le nom de « click beetles ».

**Cycle biologique :** Le ver fil-de-fer peut mettre jusqu'à six ans pour compléter son cycle biologique. Il passe la plus grande partie de sa vie à l'état larvaire. Il hiverne à l'état de larve dans le sol sous la ligne de gel. Lorsque la température du sol s'adoucit au printemps, les larves migrent vers la surface pour s'alimenter. En raison de leur long cycle de vie, les larves peuvent endommager plusieurs cultures successives, en dévorant des racines de mauvaises herbes, de graminées et de plantes cultivées. Une fois que le sol s'est bien réchauffé et que l'humidité du sol diminue, les larves s'enfoncent dans le sol et sont parfois difficiles à trouver. Au moment d'évoluer au stade adulte, les larves migrent à nouveau vers la surface, se transforment en pupes, d'où les adultes émergent pour s'accoupler et pondre des œufs dans les prairies ou les zones envahies de mauvaises herbes.

**Dommages :** Les vers fil-de-fer sont surtout actifs entre avril et juin. Ils sont en plus grand nombre dans les champs peu dérangés. Les larves s'attaquent aux racines, aux semences et aux plantules en germination de nombreuses cultures (p. ex. maïs, soya, céréales de printemps, haricots secs comestibles, pommes de terre). Une croissance non uniforme ou un peuplement clairsemé peut avoir été causé par le ver fil-de-fer qui s'est nourri de semences en germination. Les plantules atteintes sont rabougries et flétries. La pointe des feuilles devient parfois violacée ou bleue. Les vers fil-de-fer sont rarement problématiques dans les céréales semées à l'automne, mais peuvent causer de graves dégâts dans les céréales semées au printemps. Le problème est généralement plus grave la deuxième année après une sole de gazon, après des années de forte pression exercée par les graminées adventices ou lorsque le maïs et les céréales reviennent souvent dans la rotation. Les vers fil-de-fer sont généralement plus nombreux en sols sableux, sur les buttes.

**Technique de dépistage :** Le meilleur moment pour dépister le ver fil-de-fer est la mi-avril, quelques semaines avant les semis; si la teneur en eau et les températures du sol sont convenables, on peut aussi faire un échantillonnage à l'automne. Installer deux pièges-appâts aux endroits du champ qui présentent le plus haut risque d'infestation (buttes sablonneuses ou zones fortement envahies de graminées). Creuser à chaque endroit un trou d'environ 15 cm (6 po) de large et de 5–8 cm (2–3 po) de profond. Mettre au fond du trou un sac en filet de nylon contenant l'équivalent d'une tasse d'une quantité égale de maïs non traité préalablement trempé, et de blé ou de pommes de terre fraîchement coupées. Remblayer en formant un léger monticule destiné à empêcher l'eau de s'accumuler au-dessus du piège-appât. Il est bon de recouvrir le monticule d'une bâche de plastique sombre pour réchauffer le piège-appât et accroître la fermentation de l'appât afin de le rendre plus attrayant aux vers fil-de-fer. Placer un ruban de marquage à l'emplacement du piège pour faciliter

son repérage par la suite. Inspecter les pièges-appâts quelques jours avant les semis en tamisant le contenu du sac de manière à compter le nombre de larves par piège.

**Seuil d'intervention :** Un ver fil-de-fer par piège appât.

### Stratégies de lutte dans toutes les cultures :

- Dans les champs où les infestations ont atteint le seuil d'intervention, qui ont déjà été infestés par les vers fil-de-fer ou à la suite d'une couverture gazonnée, traiter les semences avec un insecticide ou faire des traitements insecticides dans la raie de semis ou en bandes latérales.
- Il n'existe aucun traitement de secours. Toutefois, la maîtrise des graminées adventices dans les cultures qui précèdent le maïs constitue une bonne mesure de prévention.

## MILLE-PATTES (diverses espèces)

### maïs, soya

**Description :** Le mille-pattes n'est pas un insecte, mais un arthropode à carapace, de forme cylindrique, qui fait environ 2,5 à 5 cm (1 à 2 po) de longueur. Il tient son nom de ses très nombreuses pattes : deux courtes paires par segment corporel au stade adulte. Le mille-pattes adulte est de couleur brun rougeâtre foncé à gris-noir et possède une carapace dure, tandis qu'à l'état immature il est blanc, possède moins de pattes et a le corps mou. En parvenant à maturité, le mille-pattes acquiert un plus grand nombre de pattes et devient plus foncé. Autre caractéristique notable : il s'enroule serré sur lui-même lorsqu'il est dérangé.

Ne pas confondre le mille-pattes avec le vers fil-de-fer; ce dernier est de couleur brun cuivre et possède seulement six pattes.

**Cycle biologique :** Aux stades immature et adulte, il hiverne dans le sol, sous débris, pierres, etc. Il peut y demeurer plusieurs années et mettre jusqu'à cinq ans pour parvenir à maturité. La popularité du semis direct et du travail réduit, en entraînant l'accumulation de résidus en surface, a favorisé la diffusion de l'espèce.

**Dommages :** En général, le mille-pattes joue un rôle utile : il facilite la décomposition de la matière organique et se nourrit d'autres insectes; mais des semis effectués trop tôt lors de printemps frais et pluvieux incitent le mille-pattes à se nourrir des semences et des racines des jeunes plants, dont le maïs et le soya. Les champs soumis au semis direct, qui sont couverts d'une couche de résidus plus épaisse et de beaucoup de matière organique, présentent un plus grand risque à cet égard, bien que le problème ait aussi été constaté dans des champs travaillés selon des méthodes traditionnelles. Des semis profonds peuvent entraîner plus de dommages, tandis qu'un temps sec peut les atténuer.

**Technique de dépistage :** Il n'existe aucune technique de dépistage recommandée. Il s'agit simplement d'examiner les racines, les semences en voie de germination et le sol dans les zones correspondant à des trouées dans le peuplement. Des mille-pattes pourraient se trouver sur les racines ou dans les semences. Si des dommages apparaissent tôt dans la saison sans qu'on puisse déceler la présence de mille-pattes, installer un

piège à vers fil-de-terre constitué de grains de maïs ayant trempé dans l'eau à proximité des endroits clairsemés. Ces pièges sont aussi efficaces contre les mille-pattes et permettront de déterminer s'ils sont présents et voraces.

**Seuil d'intervention :** Aucun seuil d'intervention n'a encore été établi.

#### Stratégies de lutte dans le maïs et le soya :

- Le traitement insecticide des semences ne semble pas efficace. Aucun traitement de secours n'est actuellement disponible.
- Faire les semis dans des conditions idéales, de façon à favoriser la germination des semences, surtout si on prévoit un printemps frais et pluvieux.

#### MOUCHE DES LÉGUMINEUSES (*Delia platura*) maïs, haricots secs comestibles, soya

**Description :** Le stade nuisible est une petite larve acéphale et apode (sans tête ni pattes), de couleur blanc jaunâtre (planche 64, p. 289); son corps est fuselé vers l'avant et les pièces buccales de la larve sont deux crochets rétractiles. Les larves creusent des galeries dans les graines en germination et dans les parties enterrées des plantules en train de lever, ce qui affaiblit les plantules. L'adulte ressemble à une petite mouche domestique élancée, de couleur gris pâle et d'environ 5 mm ( $\frac{1}{4}$  po) de long.

**Cycle biologique :** La mouche des légumineuses hiverne au stade de pupes. Les adultes sortent des pupes au début du printemps. Après l'accouplement, soit entre le début d'avril et le milieu de juin, la femelle adulte recherche un site de ponte. Elle est attirée par des sols humides qui dégagent une odeur de matière organique en décomposition (p. ex. résidus de culture, zones où du fumier a été épandu ou sol fraîchement travaillé). Les femelles sont aussi attirées par les mauvaises herbes. Elles pondent leurs oeufs dans le sol. Les larves se développent ensuite dans le sol et dans les résidus organiques, en se nourrissant des graines en germination.

**Dommages :** Les larves sévissent surtout les printemps frais et pluvieux quand la germination est retardée. Elles se nourrissent des graines gonflées n'ayant pas encore germé. On les trouve dans le cotylédon, l'embryon et l'hypocotyle. Elles peuvent aussi creuser des galeries dans la tige des plantules. Elles provoquent une levée lente et/ou l'éclaircissement du peuplement. Les plantules endommagées qui germent finissent souvent par mourir ou pousser lentement.

**Technique de dépistage :** Contrairement au ver fil-de-fer, la mouche des légumineuses cause des dommages qui sont normalement perceptibles dans une bonne partie du champ. Rien ne permet de rattraper un champ endommagé. Il faut parfois reprendre les semis. Les facteurs à haut risque à surveiller comprennent : sol fraîchement travaillé, résidus de culture abondants, fumier fraîchement épandu, culture d'engrais vert fraîchement enfouie, semis profond et semis hâtif suivi d'un printemps frais et pluvieux. Rechercher des signes de mauvaise levée et des lésions à la base des plants nouvellement levés.

**Seuil d'intervention :** Aucun seuil n'a encore été établi.

#### Stratégies de lutte :

- Dans les champs qui seront semés tôt et dans lesquels de grandes quantités de fumier ou de résidus ont récemment été incorporées au sol, envisager de traiter la semence ou d'appliquer des insecticides radiculaires dans la raie de semis.
- Utiliser de la semence de bonne qualité qui lèvera rapidement.
- Faire les semis dans de bonnes conditions édaphiques, quand on ne prévoit aucun temps frais ni pluvieux, afin de garantir une levée rapide des plantules.
- Aucun traitement n'existe pour rattraper une culture. S'il faut reprendre les semis, traiter les semences avec un insecticide ou appliquer un insecticide dans la raie de semis.

#### LIMACE (*Deroceras reticulatum*)

##### maïs, soya, nouveaux semis fourragers, canola

**Description :** Jeunes et adultes ont le corps mou, sont apodes, grisâtres ou mouchetés et recouverts d'une substance visqueuse ou gélatineuse qui les empêche de se dessécher. Ce sont ni plus ni moins que des escargots sans la coquille. La tête est pourvue de deux paires de tentacules. Les limaces mesurent habituellement 1-3 cm ( $\frac{1}{4}$  po) de longueur, mais peuvent atteindre 10 cm (4 po).

**Cycle biologique :** Il n'y a qu'une seule génération par année, mais on compte deux populations qui arrivent à maturité au printemps et à l'automne, respectivement. Par conséquent, les limaces ont deux occasions d'endommager les jeunes plants. Les œufs et les adultes hivernent. Les jeunes limaces qui éclosent au printemps et à l'automne sont au stade le plus nuisible aux cultures. Les limaces sont surtout actives pendant les périodes fraîches et pluvieuses du printemps et de l'automne. Elles préfèrent des milieux caractérisés par une forte humidité et des températures relativement fraîches. Les débris (p. ex. résidus de culture, fumier) leur procurent un abri du soleil.

**Dommages :** Les limaces se nourrissent dans le sol ou hors du sol, selon l'humidité. Elles se nourrissent de graines en germination et de plantules sans afficher de préférence réelle pour une partie de la plante en particulier (planche 65, p. 289). Sur les plantes plus grosses, les limaces dévorent les feuilles du bas en totalité ou en partie, laissant des trous aux pourtours déchiquetés qui donnent aux feuilles un aspect squelettique (planche 66, p. 289). Les dommages ressemblent parfois à ceux causés par la grêle. Elles peuvent causer une défoliation importante. En grand nombre, les limaces se nourrissent de graines en germination et les vident de leur contenu avant la levée des plants. Les champs les plus à risque sont les champs de soya, de canola et de maïs en semis direct, surtout ceux qui ont une épaisse couche de résidus, les champs de blé contre-ensemencés de trèfle rouge, les nouveaux peuplements de luzerne et les champs qui suivent des cultures fourragères, en particulier de graminées. L'évaluation des populations dans chaque champ à l'automne permet de se faire une bonne idée de l'ampleur du problème qu'elles poseront le printemps suivant. La population qui hiverne est la même qui dévorera les plants le printemps venu.

**Technique de dépistage :** Les limaces étant nocturnes, leur dépistage se fait la nuit ou au petit matin, lorsqu'elles sont actives. Les indices à surveiller sont des trous dans le peuplement, des bandelettes de tissu foliaire disparues et/ou de

petits trous machouillés dans les feuilles. Examiner les débris et les mottes de terre. Des traces visqueuses de couleur argent sur les plants ou le sol sont un indice indéniable de leur présence. Pour évaluer les populations dans un champ récolté, placer sur le sol de petits morceaux de contreplaqué d'environ 0,6–0,9 m (2–3 pi) de long ou des bardeaux de toit, à une dizaine ou une quinzaine d'endroits répartis dans tout le champ. Ces objets serviront de refuges aux limaces. Il s'agit de les soulever tous les cinq jours pendant environ un mois et de compter les limaces qui s'y trouvent. Le matin est le meilleur moment pour faire cette inspection, car les limaces s'y trouveront encore.

**Seuil d'intervention :** Aucun seuil d'intervention n'a été établi. Si le dépistage décrit ci-dessus révèle la présence fréquente de limaces, considérer le champ comme à risque. Inspecter à nouveau ce champ au printemps. Les jeunes plantules et les semences en germination sont les plus durement touchées.

#### Stratégies de lutte :

- Un bon point de départ pour minimiser les dommages par les limaces est d'effectuer les semis dans des conditions qui favorisent une croissance rapide.
- Travailler le sol aide à combattre les limaces, car l'élimination de la culture de couverture les expose à la déshydratation et aux prédateurs (mammifères, oiseaux). Le travail du sol par bandes ou le passage de socs bineurs accélère l'assèchement sur le rang et diminue le risque de dommages. Le fait d'éloigner les débris peut aussi contribuer à réduire les dommages.
- Il n'existe actuellement aucun traitement chimique rentable homologué pour les grandes cultures. On trouve sur le marché des appâts à limace, mais ils sont très coûteux et ne sont recommandés que pour traiter de petites zones. Pour qu'ils soient pleinement efficaces, ces appâts doivent être posés peu après le 24 mai.
- Les expériences réalisées à l'aide de mélange d'azote 28 % et d'eau ou d'applications foliaires de potasse ont donné des résultats aléatoires, de sorte que l'utilisation de ces produits n'est pas encouragée.

## Ravageurs du maïs

Le tableau 13-1, *Symptômes d'infestations dans les champs de maïs*, page en regard, énumère les symptômes révélant la présence de ravageurs du maïs.

Cette section décrit les ravageurs qui ne s'attaquent qu'au maïs. Les ravageurs suivants peuvent également s'attaquer à d'autres cultures :

Hanneton européen .....	p. 195
Scarabée japonais .....	p. 197
Hanneton commun .....	p. 196
Mille-pattes .....	p. 198
Mouche des légumineuses .....	p. 199
Limace .....	p. 199
Légionnaire uniponctuée .....	p. 219
Ver fil-de-fer .....	p. 198

## VER-GRIS NOIR (*Agrotis ipsilon*)

**Description :** Les larves de la noctuelle ipsilon (appelées vers-gris noirs) sont noir grisâtre sur le dos et plus pâles sur le ventre, sans aucune marque distinctive sur le corps (planche 67, p. 290). Les larves à maturité mesurent environ 3,5 cm (1½ po) de long et se cachent dans le sol durant le jour. On les trouve près de plants fraîchement coupés, sous des mottes de terre ou le long de raies mal refermées. La noctuelle est un papillon nocturne gris dont les ailes antérieures sont marquées d'un petit triangle effilé noir.

**Cycle biologique :** Les noctuelles n'hivernent pas en Ontario, mais sont apportées du Sud par des fronts atmosphériques puissants. Les migrations les plus importantes se produisent en avril et en mai, mais parfois aussi dès le mois de mars. Les vers-gris noirs sont donc plus fréquents dans les champs ayant une couverture verte au début du printemps. On compte plusieurs générations par année, mais seule la première cause des dommages d'importance économique au maïs. Les nuits douces, claires et calmes au début du printemps fournissent des conditions idéales pour la ponte. Celle-ci a lieu dans la végétation dense, au ras du sol et habituellement avant le labour de printemps. Dans les champs peuplés de végétation avant les semis, les larves se développent sur les mauvaises herbes jusqu'à ce que la culture lève. Ces larves sont plus grosses et plus difficiles à maîtriser lorsqu'elles migrent vers la culture. Les larves causent des ravages du début mai jusqu'à la mi-juin.

**Dommages :** Les champs qui bordent le lac Érié sont souvent la proie d'infestations par le ver-gris noir. Les feuilles des plants attaqués par les jeunes larves présentent de petits trous ou de petites entailles. Parfois, les plants flétrissent parce que la tige a été vidée ou dévorée sous le sol. Les larves plus grosses coupent le plant au niveau du sol ou juste en dessous. Des infestations antérieures par le ver-gris noir, la présence en présemis de mauvaises herbes annuelles d'automne (p. ex. céréaste vulgaire, blé spontané), le semis direct et une épaisse couche de résidus comptent parmi les facteurs qui favorisent la pullulation de ce ravageur.

**Technique de dépistage :** Entreprendre le dépistage une fois tous les cinq jours dès la levée du maïs. Inspecter au moins cinq points par tranche de 10 ha (25 ac) de champ. Porter une attention particulière aux zones lourdement infestées de mauvaises herbes juste avant le travail du sol et les semis. Rechercher des feuilles piquées de trous d'épingle; il s'agit du premier indice de la présence des jeunes larves sur le plant. Rechercher aussi des plants flétris, du feuillage dévoré ou des plants coupés au sol. Creuser autour des plants endommagés et examiner le sol, étant donné que les larves aiment s'y cacher le jour. Consigner la taille des larves trouvées.

**Seuil d'intervention :** Si plus de 10 % des plants ont des feuilles endommagées par les larves, un traitement insecticide des feuilles procurera une maîtrise quasi-totale. Une fois que le maïs atteint le stade 5 feuilles et que des racines commencent à sortir à la base du plant, le risque est écarté. Les vers-gris noirs presque parvenus à maturité (plus de 2,5 cm de long) sont difficiles à maîtriser à l'aide d'insecticides et cessent de s'alimenter quelques jours après avoir atteint leur plein développement.



Tableau 13-1. Symptômes d'infestations dans les champs de maïs

	Ravageur															
Symptôme	Asticots	Ver fil-de-fer	Mille-pattes	Mouche des légumineuses	Limace	Ver-gris noir	Altise du maïs	Légionnaire uniponctué	Noctuelle de la pomme de terre	Pyrale du maïs	Larve de chrysomèle des racines du maïs	Adulte de chrysomèle des racines du maïs	Ver-gris occidental du haricot	Ver de l'épi du maïs	Légionnaire d'automne	Puceron du maïs
<b>Peuplement clairsemé</b>																
Semence dévorée ou vidée.		x	x	x	x											
Plants rabougris ou flétris.	x	x	x			x			x							
Plants coupés au niveau du sol ou sous le niveau du sol.						x			x							
<b>Dommages sur les feuilles</b>																
Trous au pourtour déchiqueté dans les feuilles.					x	x		x							x	
Feuille entière dévorée sauf la nervure principale.								x								
Piqûres ou trous ronds symétriques.										x						
Dommages parallèles aux nervures sur la face supérieure.							x					x				
<b>Dommages sur la tige</b>																
Galeries creusées dans la tige.									x	x						
Tige en col de cygne.											x					
<b>Épi endommagé</b>																
Gros morceaux ou grains manquants :																
trou d'entrée latéral dans l'épi et dommages dans tout l'épi.													x		x	
aucun trou dans l'épi et dommages surtout à la pointe.														x		
Grains endommagés en surface ou galeries dans les spathes.										x						
Soies coupées.											x		x	x		
Épis tombés.										x						
<b>Dommages aux panicules</b>																
Panicules brisées.										x						
Panicules décolorées ou collantes.																x
Traces d'alimentation sur les panicules.										x			x	x	x	

**Stratégies de lutte :**

- Il est déconseillé de traiter les semences avec un insecticide dirigé spécifiquement contre le ver-gris noir, puisqu'il est un ravageur périodique. Dans les champs souvent infestés, on peut semer des hybrides de maïs Bt renfermant la protéine Cry 1F et/ou traiter les semences à l'aide d'insecticides; ces derniers sont surtout efficaces contre les jeunes larves.
- Les traitements avec des insecticides foliaires sont le plus efficaces quand ils sont appliqués au sol peu après l'éclosion des larves. Comme celles-ci sont surtout actives le soir, les traitements faits en soirée ou la nuit sont préconisés. Les applications d'insecticides foliaires sur les larves à maturité (de plus de 2,5 cm ou 1 po) sont déconseillées, car le gros des dommages est alors déjà fait et les traitements s'avèrent peu utiles.
- Il n'est pas nécessaire de traiter le champ au complet, mais uniquement les zones qui présentent des signes d'infestation.
- Dans les champs soumis au semis direct, éliminer la végétation qui attire les noctuelles au début du printemps. À l'automne, la destruction chimique céréales spontanées et des mauvaises herbes est recommandée. Les champs doivent rester à nu au moins 2-3 semaines avant les semis.

**ALTISE DU MAÏS (*Chaetocnema pulicaria*)**

**Description :** Coléoptère minuscule (1,8 mm), noir et brillant, aux pattes postérieures allongées qui lui permettent de sauter lorsqu'il est dérangé (planche 68, p. 290).

**Cycle biologique :** Ce ravageur hiverne au stade adulte à la base des graminées. Au début du printemps, les altises émergent et les femelles fécondées pondent leurs oeufs dans le sol, près de la base des plants de maïs. En moins de six jours, les oeufs donnent naissance à des larves, qui se transforment bientôt en pupes. Les adultes émergent du sol en moins de deux semaines. Trois ou quatre générations se chevauchent chaque année. Seules les générations présentes du début mai à la fin juin (durant la levée du maïs), sont considérées comme étant un problème potentiel.

**Dommages :** L'activité des altises du maïs est plus grande les printemps qui suivent des hivers doux. Seuls les cultivars sensibles et les lignées de maïs de semence affichent des pertes de rendement. Les dommages causés aux feuilles par les altises prennent la forme de longues égratignures ou de « fenêtres » généralement parallèles aux nervures.

Les altises du maïs sont des vecteurs de la maladie de Stewart, causée par une bactérie qui hiverne dans l'appareil digestif des



altises du maïs adultes. La maladie de Stewart se manifeste sur les feuilles par des lésions linéaires aux contours ondulés. Les plants atteints peuvent se flétrir ou voir leur croissance s'arrêter.

**Technique de dépistage :** Répéter les opérations de dépistage tous les quatre ou cinq jours. Inspecter cinq jeux de vingt plantules par champ pour déterminer la présence et la densité de population des altises.

**Seuil d'intervention :** Dans le cas des cultivars sensibles, six altises par cent plants avant le stade de la cinquième feuille justifient une intervention. Dans le cas des cultivars tolérants, une moyenne de cinq altises ou plus par plant avant le stade de la quatrième feuille peut justifier une intervention.

**Stratégies de lutte :** Des modèles aident à prévoir chaque année les risques d'une activité intense des adultes en fonction des températures hivernales et de la survie des adultes.

- Traiter les semences à l'aide d'insecticides s'il s'agit de cultivars ou de lignées sensibles ou de champs ayant déjà présenté des infestations d'altises du maïs.
- Éviter de semer tôt en début de saison des cultivars sensibles à la maladie de Stewart. Dans les champs parfois infectés par la maladie de Stewart, semer des hybrides résistants.
- Des pulvérisations foliaires supplémentaires peuvent être nécessaires pour protéger le maïs de semence et les cultivars sensibles si les populations sont très fortes. Les traitements insecticides destinés à prévenir la transmission de la maladie de Stewart par les altises du maïs ne sont rentables que dans le cas des peuplements d'hybrides et de lignées très sensibles.

## NOCTUELLE DE LA POMME DE TERRE (*Hydraecia micacea*)

**Description :** Les larves vont du violacé clair au rose. Elles mesurent environ 4 cm (1½ po) de longueur à leur complet développement (planche 70, p. 290). Les adultes sont des papillons de nuit bruns qui sont actifs en août et en septembre.

**Cycle biologique :** Cette noctuelle cause plus de dommages dans les comtés de l'Est, mais des infestations peuvent se produire partout en Ontario. Il n'y a qu'une seule génération par an. Le ravageur hiverne à l'état d'oeuf sur les graminées. La ponte se fait en deux ou trois rangées parallèles sous les spathes. Les larves éclosent à la fin avril et creusent des trous dans les tiges des graminées. À la fin mai, les larves sont trop grosses pour les graminées et migrent vers les cultures avoisinantes (p. ex. maïs) dont les tiges sont plus larges. Elles continuent de s'alimenter jusqu'à la fin juin, puis se transforment en pupes et émergent sous forme d'adultes à la fin juillet.

**Dommages :** Le stade larvaire est le seul stade nuisible. Les dommages sont normalement plus graves sur les pourtours du champ ou près des zones herbeuses ou envahies de mauvaises herbes. Les larves se nourrissent des plantes de la fin mai au début juin. Chez les jeunes plants, les larves creusent dans la base du plant, sous la ligne de sol. Les plants sont parfois coupés à la base, ce qui fait penser aux dommages causés par le ver-

gris noir. À partir du stade 3 feuilles, les larves se nourrissent à l'intérieur du verticille à la base du plant de maïs, ce qui provoque le flétrissement de la première ou des deux premières feuilles du haut, tandis que la partie inférieure du plant demeure saine. Les champs à haut risque sont ceux qui, l'année précédente, étaient envahis de mauvaises herbes ou ont servi à la culture de graminées, ceux qui font suite à du gazon ou sont soumis à des méthodes de travail de conservation du sol.

**Technique de dépistage :** Les larves de la noctuelle de la pomme de terre se trouvent habituellement à l'intérieur de la tige ou dans le sol à proximité de la base du plant. Rechercher surtout ce ravageur le long des haies clôturées ou dans les zones herbeuses.

**Seuil d'intervention :** Aucun seuil n'a été établi.

## Stratégies de lutte :

- Il n'existe aucune mesure de lutte chimique qui soit efficace contre cet insecte étant donné que la larve de la noctuelle reste cachée à l'intérieur du plant et se trouve ainsi protégée.
- Une bonne lutte contre les mauvaises herbes, particulièrement dans les zones herbeuses, réduit efficacement les risques de dommages l'année suivante.
- Le labour d'automne ou la destruction chimique de la végétation peut réduire le nombre d'œufs susceptibles d'hiverner. Certaines guêpes parasites parviennent à maintenir ce ravageur sous des seuils de nuisibilité économique.

## LÉGIONNAIRE UNIPONCTUÉE (*Pseudaletia unipuncta*)

La légionnaire uniponctuée fait partie des principaux ravageurs du maïs. Pour de l'information sur cet insecte, voir p. 219.

## PYRALE DU MAÏS (*Ostrinia nubilalis*)

**Description :** Les masses d'œufs de la pyrale du maïs sont plates et blanc crème. Les œufs sont empilés les uns sur les autres comme des écailles de poisson (planche 71, p. 290). Les larves à maturité sont de blanc crème à gris pâle et possèdent deux petites taches par segment abdominal. Elles mesurent environ 2,5 cm de long et ont la tête noire (planche 72, p. 290). Les adultes sont des papillons brun clair d'environ 2 cm de long qui arborent des lignes sombres et sinueuses sur les ailes antérieures (planche 73, p. 291). Les papillons mâles sont plus sombres et plus petits que les femelles.

**Cycle biologique :** Il existe deux souches distinctes en Ontario. Au sud d'une ligne allant de Sarnia à Simcoe, une souche bivoltine peut donner de multiples générations (en général deux) selon la longueur de la saison. Au nord de cette ligne, on trouve une souche univoltine qui ne produit qu'une seule génération par année. Sur une bande large de 50 à 80 km le long de cette ligne, les deux souches se chevauchent.

L'insecte hiverne à l'état de larve dans les tiges de maïs et d'autres résidus laissés à la surface du sol la saison précédente. Au fur et à mesure que les journées rallongent et que les températures moyennes s'élèvent à plus de 10 °C le jour, les larves amorcent leur pupaison. On trouve les pupes à l'intérieur des galeries creusées par les larves. Il faut compter deux semaines avant que les adultes n'émergent des pupes.

Même si, plus au sud de la province, les adultes commencent à émerger des pupes vers la troisième semaine de mai, il faut habituellement attendre la mi-juin pour que les papillons apparaissent dans l'est de l'Ontario. Après leur émergence, les pyrales se dirigent vers les « sites d'action » les plus proches — habitats végétatifs, p. ex. haies-clôtures, fossés et haies naturelles bordant les champs.

Après l'accouplement, les femelles quittent les sites d'action pour pondre leurs œufs sur les plantes-hôtes. Elles pondent en général les œufs sur le revers des feuilles, près de la nervure principale. Là où des pyrales du maïs univoltines sont présentes, les larves se développent tout au long de la saison jusqu'à l'automne, moment où, parvenues au cinquième stade larvaire, elles se préparent à hiverner. Là où des pyrales du maïs bivoltines sont présentes, les larves de la première génération subissent la pupaison au milieu de l'été, émergent sous forme d'adultes et complètent une deuxième génération avant d'entrer en diapause à l'automne.

**Dommages :** Les larves de début de saison se nourrissent des feuilles, qu'elles couvrent de petites piqûres et quittent tôt ou tard pour migrer dans le verticille et s'attaquer à la panicule mâle. Les larves de fin de saison se nourrissent brièvement des feuilles, puis s'enfoncent dans la nervure principale et migrent dans la tige du plant et les spathes. Parfois, les larves se nourrissent directement des grains en formation. Des infestations graves peuvent donner lieu à des tiges qui versent et à des épis retombants. Ce ravageur peut être un vecteur à la fois de pourritures de la tige et de pourritures de l'épi. Parmi les principaux facteurs responsables des dommages par la pyrale du maïs, mentionnons : le semis direct, une couche épaisse de résidus, des rotations comprenant plusieurs cycles de maïs, la prépondérance du maïs dans une région (plus de 50 %) et le chevauchement des souches univoltines et bivoltines.

**Technique de dépistage :** En début de saison, les pyrales adultes sont attirées par les champs de maïs plus hauts qui ont été semés tôt. Les champs semés plus tard sont plus vulnérables aux attaques de la deuxième génération, car la présence de soies et de panicules mâles attire les femelles adultes. Examiner au moins cinq séries de vingt plants par champ (cent plants).

**Dépistage des individus de la première génération —** Être à l'affût de dommages sur les feuilles. Tirer et dérouler le verticille des plants endommagés à la recherche de larves. Fendre la tige des plants de haut en bas pour localiser les larves plus vieilles. Noter le pourcentage de plants endommagés et le nombre et la taille des larves trouvées.

**Dépistage des individus de la deuxième génération —** Rechercher des masses d'œufs sur le revers des feuilles, près de la nervure principale. Concentrer les efforts d'observation sur le terrain aux trois feuilles qui se trouvent au-dessus et en dessous de l'épi. Noter le pourcentage de plants qui comportent des masses d'œufs. Faire le dépistage tous les cinq à sept jours jusqu'à ce que les pics de capture soient passés (environ 1 mois).

**Seuil de nuisibilité économique dans les hybrides de maïs non-Bt :** Voir l'annexe G, p. 26-4, pour savoir comment

déterminer ce seuil. Dans le cas du maïs de semence, voir la publication *Seed Corn Best Management Practices for Ontario*, diffusée sur le site [www.seedcorngrowers.on.ca](http://www.seedcorngrowers.on.ca).

#### Stratégies de lutte applicables aux hybrides de maïs non-Bt :

- En général, les insecticides n'ont pas permis jusqu'ici de combattre de manière rentable les pyrales dans le maïs de grande culture.
- S'il n'est pas possible de combattre la pyrale du maïs à l'aide d'hybrides de maïs Bt, choisir des hybrides de maïs non-Bt qui affichent une résistance ou une tolérance à la pyrale du maïs et qui possèdent de bonnes valeurs agronomiques.
- Le déchiquetage des débris après la récolte est un moyen efficace de détruire les pyrales qui hivernent dans les tiges et le chaume; laisser le moins possible de tiges.
- Les stades immatures sont la proie d'ennemis naturels qui contribuent à en réduire les populations. Certains prédateurs (coccinelles, anthocorides) se nourrissent des œufs et des jeunes larves. Des guêpes parasites et des acariens prédateurs peuvent aussi contribuer à maîtriser ce ravageur.

#### Stratégies de lutte applicables aux hybrides de maïs Bt :

- Si la pyrale du maïs constitue un risque de moyen à élevé dans la région, envisager de semer des hybrides de maïs Bt transgéniques. Utiliser des hybrides de maïs qui expriment la toxine Bt dans l'épi ainsi que dans la tige afin d'éviter les pourritures de l'épi et de la tige.
- Si l'on compte combattre la pyrale à l'aide de maïs Bt, l'Agence canadienne d'inspection des aliments exige la mise en place de stratégies de lutte contre les résistances. La Coalition canadienne contre les ravageurs du maïs endosse cette exigence.

#### Font partie des stratégies de lutte contre les résistances :

- l'utilisation d'une culture-refuge non-Bt afin de réduire le risque d'apparition d'une résistance à Bt. L'endroit où semer cette culture-refuge par rapport à l'emplacement de l'hybride Bt et le pourcentage de la superficie totale ensemencée de maïs que doit représenter la culture-refuge dépendent de l'hybride Bt utilisé et de l'ennemi visé;
- le positionnement de la culture-refuge et de l'hybride de maïs Bt destiné à contrer la pyrale dans des zones qui se situent à moins de 100–150 UTC l'une de l'autre afin que les pyrales adultes soient autant attirées par la culture-refuge;
- l'absence de pulvérisations d'insecticides foliaires dans la culture-refuge.

Le site de la Coalition canadienne contre les ravageurs du maïs, [www.cornpest.com](http://www.cornpest.com), et la publication, *A Grower's Handbook: Controlling Corn Insect Pests With Bt Corn Technology*, fournissent toutes les exigences à respecter relativement aux cultures-refuge et à la biologie de la pyrale du maïs.

Les producteurs qui sèment des hybrides de maïs Bt à gènes empilés qui possèdent à la fois un transgène Bt donnant la résistance à la pyrale du maïs et un autre donnant la résistance à la chrysomèle des racines du maïs doivent obligatoirement respecter les exigences liées aux cultures-refuges décrites pour les cultures servant de refuge aux chrysomèles des racines du maïs.

## CHRYSOMÈLE DES RACINES DU MAÏS

(*Diabrotica virgifera* et *Diabrotica barberi*)

**Description :** Il existe en Ontario deux espèces de chrysomèles des racines du maïs (CRM) : la chrysomèle occidentale des racines du maïs (CORM) et la chrysomèle septentrionale des racines du maïs (CSRM). La CORM adulte va du jaune au vert et possède trois bandes noires sur les ailes (planche 75, p. 291). Les femelles ont sur les élytres trois bandes noires sinueuses. Chez les mâles, ces trois bandes se fondent en une seule. Les mâles adultes de la CORM sont plus petits et leurs antennes sont plus longues. Les adultes de la CSRM, d'un vert uniforme tirant sur le beige jaunâtre, sont dépourvus de marques particulières qui permettent de distinguer les mâles des femelles (planche 76, p. 291). Les larves sont blanches et ont la tête brune et une plaque sombre distinctive sur la queue. Elles mesurent environ 1 cm ( $\frac{1}{2}$  po) de longueur (planche 74, p. 291).

Ne pas confondre la chrysomèle occidentale des racines du maïs avec la chrysomèle rayée du concombre. Cette dernière est noire sous l'abdomen et les bandes alaires sont parallèles et ne sont pas sinueuses.

**Cycle biologique :** La distribution à la fois de la CORM et de la CSRM est uniforme en Ontario. Dans le sud-ouest de la province, la CORM prédomine, le ratio de la CORM à la CSRM étant supérieur de 4 à 1. Dans l'est de la province et au Québec, la situation est inversée, le ratio de la CSRM à la CORM étant de 8 à 1. Les deux espèces ne comptent qu'une seule génération par année. Les œufs sont déposés dans le sol à partir de juillet jusqu'à la première gelée meurtrière à l'automne. Les œufs hivernent et éclosent au début juin. Les adultes émergent à la fin juillet et se nourrissent des soies et des panicules mâles.

**Dommages :** Les adultes et les larves ravagent le maïs. Les larves s'attaquent à l'extérieur et à l'intérieur des racines entre la mi-juin et la mi-juillet, nuisant à l'absorption des éléments nutritifs et de l'eau et causant un stress aux plants. Les larves plus grosses s'attaquent aux racines échanties, entravant la stabilité du plant et le portant à verser ou à former un col de cygne. Les adultes consomment le pollen et coupent les soies, entravant la pollinisation. Si ni les panicules ni les épis ne sont sortis, les chrysomèles s'alimentent des feuilles, dévorant les tissus internervaires du revers et laissant ainsi des « fenêtres » dans la feuille. Les facteurs de risque sont : la mono-culture de maïs, de fortes populations du coléoptère la saison précédente et le fait qu'un champ a été le dernier ensemencé la saison précédente.

**Technique de dépistage :** Inspecter chaque semaine vingt plants en cinq points différents du champ, à partir du moment où les adultes émergent, soit entre la fin juillet et la fin août.

**Seuil d'interventions :** S'il y a en moyenne moins d'un adulte par plant de maïs pendant le mois d'août, aucun traitement insecticide n'est nécessaire pour la culture de maïs de la saison suivante. (Nota : Au moment de dénombrer les adultes, 1 CORM vaut 2 CSRM). En général, il faut au moins dix adultes par épi avant qu'une intervention ne s'impose dans le

maïs de grande culture, car celui-ci peut supporter de fortes populations d'adultes. Dans le maïs de semence, toutefois, des traitements peuvent être nécessaires si les populations d'adultes ont cassé beaucoup de soies, ce qui interrompt la pollinisation. Des conditions sèches empêchent parfois le plant de produire des soies pour compenser les dommages causés par l'alimentation de la chrysomèle. Un traitement est justifié quand les soies sont en moyenne cassées à moins de 1,25 cm ( $\frac{1}{2}$  po) de la pointe de l'épi. Une fois la pollinisation terminée, les dommages causés par l'alimentation des chrysomèles ne sont plus menaçants.

### Stratégies de lutte :

- La rotation des cultures est la meilleure stratégie de lutte; son efficacité à réduire les populations de chrysomèles est supérieure à celles des insecticides. Comme le maïs est le principal hôte, éviter de semer du maïs après du maïs. La monoculture de maïs produit jusqu'à 4 millions de chrysomèles par hectare.
- Même si les insecticides contre les chrysomèles peuvent protéger la culture, ils parviennent tout au plus à réduire en moyenne de 25 % l'émergence des adultes.
- Si la rotation des cultures ne peut être pratiquée, il peut être nécessaire de traiter les champs soumis à une monoculture de maïs en employant la dose supérieure d'un insecticide destiné au traitement des semences ou d'un insecticide radicaire, ou en utilisant des hybrides de maïs possédant un transgène Bt donnant la résistance à la chrysomèle des racines du maïs.
- Si le symptôme du col de cygne est fréquemment observé ou que la surveillance des adultes en août révèle des populations considérables et que du maïs doit à nouveau être semé dans ce champ l'année suivante, adopter une stratégie de lutte pour protéger la culture suivante.

La chrysomèle des racines du maïs fait partie des insectes nuisibles qui possèdent une rare capacité d'adaptation. Elle a développé une résistance à de multiples méthodes de lutte. Il est par conséquent important de n'utiliser les produits destinés à combattre spécifiquement cette espèce qu'en cas d'absolue nécessité.

### Stratégies de lutte avec des hybrides Bt résistants à la CRM et avec des hybrides Bt à gènes empilés donnant une résistance à la pyrale du maïs et à la CRM :

- Si l'on sème du maïs Bt pour contrer la chrysomèle des racines du maïs, il faut semer une culture-refuge afin de réduire les risques de voir apparaître une résistance à Bt. Il s'agit là d'une exigence de l'Agence canadienne d'inspection des aliments. Cette exigence est endossée par la Coalition canadienne contre les ravageurs du maïs.
- L'endroit où semer cette culture-refuge par rapport à l'emplacement de l'hybride Bt et le pourcentage de la superficie totale ensemencée de maïs que doit représenter la culture-refuge dépendent de l'hybride Bt utilisé et de l'ennemi visé.
- Dès qu'on utilise un hybride de maïs Bt pour contrer la chrysomèle des racines du maïs, il faut se conformer à l'exigence d'offrir un refuge à l'insecte, même si l'hybride combat également la pyrale du maïs, car le risque d'apparition d'une résistance aux produits à base de Bt est beaucoup plus grand chez la chrysomèle.

- Le maïs servant de refuge et l'hybride de maïs Bt doivent parvenir à maturité à peu près au même moment (se situer à moins de 100–150 UTC l'un de l'autre) et les deux cultures doivent avoir les mêmes antécédents culturels. Aucune pulvérisation d'insecticide n'est autorisée ni dans les peuplements de maïs Bt ni dans la culture-refuge.
- Les traitements insecticides des semences sont permis à la fois dans la culture-refuge et dans la culture Bt.
- Pour plus d'information sur les exigences propres à la culture-refuge et à la biologie de la chrysomèle des racines du maïs, voir la publication, *A Grower's Handbook: Controlling Corn Insect Pests With Bt Corn Technology*, diffusée sur le site de la le site de la Coalition canadienne contre les ravageurs du maïs, [www.cornpest.com](http://www.cornpest.com).

## VER-GRIS OCCIDENTAL DU HARICOT

### (*Striacosta albicosta*)

#### maïs, haricots secs comestibles

**Description :** La larve du ver-gris occidental du haricot (VGOH) est de couleur chamois ou rose et ne porte ni verrues ni taches (tubercules) sur le corps, contrairement à la pyrale du maïs. La seule marque distinguant les larves du VGOH se trouve sur leur pronotum, soit la structure semblable à un bouclier située juste derrière la tête de la larve et qui porte deux larges bandes brun foncé. Les individus adultes sont faciles à distinguer des autres ravageurs du maïs : chaque aile du papillon présente une bande blanche le long de son rebord et une marque en forme de croissant de lune ou de boomerang (planche 77, p. 291). Les œufs sont déposés en amas de 5 à 200 unités, ils sont de la taille d'une pointe d'épingle, de couleur blanc perle à la ponte et de la forme d'un minuscule cantaloup (planche 78, p. 291). Dans les jours qui suivent la ponte, les œufs prennent une teinte chamois, puis mauve. L'éclosion a lieu au bout de 5 à 7 jours.

**Cycle biologique :** Le ver-gris occidental du haricot est natif d'Amérique du Nord. Son habitat se limitait essentiellement au sud-ouest des États-Unis jusqu'à ce qu'une récente poussée en direction du nord-est l'amène à travers le Midwest américain et jusqu'en Ontario. Le VGOH passe l'hiver hors de la province, sous forme de larve enfermée dans une logette aménagée dans le sol (on s'attend toutefois à ce qu'il apprenne à survivre à l'hiver ontarien). Les individus adultes sortent de terre et envahissent les airs du début juin au début juillet. Ils pondent à la face supérieure des plus hautes feuilles du maïs (les hybrides dont les feuilles sont bien droites ont leur préférence). Les adultes sont attirés par les champs de maïs, du stade verticille à ceux précédant la floraison mâle; ils se dirigent vers les champs de haricots comestibles pour la ponte après que le maïs atteigne le stade de la floraison mâle. Les œufs éclosent au bout d'une semaine. Les larves, très mobiles, peuvent se déplacer en hauteur et en périphérie et s'attaquer ainsi aux rangs de maïs voisins. Les champs en semis direct et les terrains sablonneux présentent les plus grands risques.

**Dommages dans le maïs :** Les jeunes larves se nourrissent de la panicule mâle et des soies jusqu'à ce qu'elles soient assez grosses pour creuser un tunnel dans l'épi et dévorer les grains. Au stade verticille, les larves consomment le pollen en formation. Les trous d'entrée sont parfois visibles à l'extérieur des enveloppes, mais

les larves peuvent aussi passer par les soies. Contrairement au ver de l'épi de maïs, le ver-gris occidental n'est pas cannibale, de sorte que plusieurs larves peuvent séjourner sur le même épi. Des dommages secondaires sont à prévoir en raison des pourritures sèches pouvant se développer sur les épis et de l'activité d'autres ravageurs qui profitent des brèches pour s'attaquer aux épis.

**Dommages dans les haricots secs comestibles :** Les larves s'attaqueront d'abord aux feuilles du plant, mais dès qu'elles en auront la force, elles perceront les gousses et se nourriront des gousses et des graines.

**Technique de dépistage dans le maïs :** Choisir vingt plants à cinq endroits différents. Examiner soigneusement les trois ou quatre feuilles supérieures des plants, à la recherche de masses d'œufs et de jeunes larves. On peut installer des pièges aux phéromones pour suivre les déplacements des papillons, ce qui permet de déterminer le moment de la ponte et l'opportunité du dépistage. Communiquer avec l'entomologiste provincial pour savoir comment disposer les pièges, où se les procurer et quel protocole de surveillance appliquer.

**Technique de dépistage dans les haricots secs comestibles :** On établit les seuils d'intervention en surveillant les déplacements des papillons adultes au moyen de pièges aux phéromones. Communiquer avec l'entomologiste provincial pour savoir comment disposer les pièges, où se procurer le matériel nécessaire et quel protocole de surveillance appliquer. La surveillance consiste à installer deux pièges aux phéromones pour VGOH dans chaque champ de haricots, sur deux côtés opposés du champ, au plus tard la dernière semaine de juin (ces pièges devront être relevés tout au long de la saison végétative). Le nombre de papillons capturés est noté chaque semaine, jusqu'à ce qu'on atteigne le point culminant de l'infestation. On saura que ce point a été atteint lorsque le nombre de prises d'une semaine donnée sera inférieur aux prises de la semaine précédente, celle-ci correspondant au sommet. La méthode suppose le relevé régulier des pièges, pour suivre l'évolution des prises.

**Seuil d'intervention dans le maïs :** Une pulvérisation est justifiée si 5 % des plants hébergent des œufs ou de petites larves. La pulvérisation doit avoir lieu lorsque 95 % des panicules mâles sont déployées ou, si celles-ci sont déjà déployées, lorsque la plupart des œufs sont à la veille d'éclore.

**Seuil d'intervention dans les haricots secs comestibles :** Pour un champ donné, si le nombre total de papillons pris dans chaque piège est inférieur à 700, il y a peu de chance que le VGOH y atteigne des niveaux préoccupants. Si le nombre se situe entre 700 et 1 000, le risque de dommages devient modéré, ce qui justifie une surveillance rapprochée. Dans les dix à vingt jours suivant le pic des captures, faire une tournée des champs pour y relever la présence de larves et de traces d'alimentation. Procéder à une pulvérisation si les larves ont commencé à attaquer les gousses. Si le nombre de papillons dépasse 1 000 individus au moment du pic des captures, le risque de dommages est élevé et justifie un traitement de dix à vingt jours plus tard. Il faut aussi appliquer un insecticide sur tout champ de haricots comestibles voisin d'un champ de maïs où le seuil d'intervention pour une infestation par le VGOH a été atteint.



### Stratégies de lutte dans le maïs et les haricots secs comestibles :

- Les hybrides de maïs transgénique BT contenant la protéine Cry1F procurent une certaine protection contre le VGOH.
- Le moment choisi pour appliquer l'insecticide foliaire est crucial : une fois que les larves ont pénétré dans l'épi de maïs ou la gousse de haricot, elles sont à l'abri des insecticides.
- L'application de l'insecticide doit coïncider avec l'éclosion des œufs, moment où les larves se nourrissent de la plante hôte.
- Un travail du sol en profondeur peut contribuer à éliminer les larves qui s'y sont réfugiées pour l'hiver.
- Des pluies abondantes peuvent affecter le taux de survie des jeunes larves.
- Plusieurs ennemis naturels se nourrissent des œufs et des jeunes larves de VGOH, notamment les coccinelles et les araignées.

### VER DE L'ÉPI DU MAÏS (*Helicoverpa zea*)

**Description :** Ce ver est de couleur très variable (vert clair à jaune). Il peut atteindre jusqu'à 4 cm (1½ po) de long. Son corps est parcouru longitudinalement de bandes proéminentes (planche 79, p. 292).

La taille du ver de l'épi du maïs et la présence de bandes sur son corps permettent de le différencier de la pyrale du maïs, et sa tête de couleur chamois permet de le différencier de la légionnaire d'automne.

Le ravageur adulte est un papillon de nuit de couleur fauve ou chamois. Ses ailes antérieures sont marquées d'un point brun central, visible du revers. Ses ailes postérieures sont pâles, bordées d'une large bande d'un brun plus foncé. Les masses d'œufs sont difficiles à voir, étant de couleur et de largeur similaires aux soies.

**Cycle biologique :** Le ver de l'épi du maïs, aussi appelé noctuelle de la tomate, ne résiste pas à l'hiver en Ontario. Au stade adulte, la noctuelle migre du sud des États-Unis où elle envahit les champs de coton. Elle arrive habituellement en août, mais elle peut arriver aussi tôt que la fin juin. La noctuelle pond ses œufs un à un sur les soies fraîches. Après l'éclosion, les larves consomment soies et grains à la pointe de l'épi. Elles amorcent ensuite la pupaison, mais meurent peu après l'arrivée du gel.

**Dommages :** Les larves se nourrissent de feuilles et de panicules, mais on les trouve surtout sur les soies et les grains en formation. Elles endommagent les panicules mâles, nuisant ainsi à la pollinisation et consomment les soies, ce qui nuit au développement de l'épi. Les champs à risque sont ceux qui sont semés tard et qui produisent des soies pendant le pic de la population de larves.

Contrairement à la pyrale du maïs, au ver-gris occidental du haricot et à la légionnaire d'automne, le ver de l'épi du maïs ne laisse pas de trous d'entrée dans les spathe, car il pénètre directement dans les canaux des soies et se nourrit surtout dans le tiers supérieur de la pointe de l'épi.

**Technique de dépistage :** Localiser cinq jeux de dix plants par champ et ouvrir l'épi à la recherche de dommages ou de traces de vers de l'épi du maïs (p. ex. moisissures de l'épi, dont il est un vecteur). Déterminer le pourcentage d'épis infestés. Le ver de l'épi du maïs est sujet au cannibalisme, ce qui explique qu'il n'y ait habituellement

pas plus d'une larve par épi de maïs. Ses œufs étant de grosseur et de couleur similaires aux soies de maïs, il sont difficiles à distinguer.

**Seuil d'intervention :** Ce ravageur n'entraîne habituellement de pertes économiques que dans le maïs sucré, mais il peut être nuisible dans le maïs de semence qui a été semé tard et qui est au stade de l'apparition des soies pendant la ponte.

### Stratégies de lutte :

- Le maïs semé plus tôt peut échapper aux pics de populations du ravageur si les soies apparaissent précocement.
- En général, il n'est pas rentable de recourir aux insecticides pour combattre le ver de l'épi du maïs dans les champs de maïs de grande culture, mais il peut être avantageux de traiter les semences pour préserver la qualité des grains.
- On trouve dans le champ plusieurs ennemis naturels, dont les trichogrammes (des guêpes parasitoïdes), les coccinelles, les chrysopes et les mouches parasites, qui contribuent à tenir en échec les populations de vers de l'épi du maïs.
- Certains hybrides de maïs Bt transgéniques procurent une maîtrise temporaire des vers de l'épi du maïs, mais ils ne doivent pas être utilisés à seule fin de maîtriser un ennemi sporadique comme celui-ci.

### LÉGIONNAIRE D'AUTOMNE (*Spodoptera frugiperda*) maïs, céréales d'automne

**Description :** À son plein développement, la larve de la légionnaire d'automne mesure 4 cm (1½ po) de long; sa couleur varie de chamois ou vert pâle à presque noir (planche 80, p. 292). Les larves ont trois minces rayures blanches le long du dos, ainsi qu'une large rayure jaune picotée rouge sur les côtés, juste au-dessus des pattes.

On distingue les larves de la légionnaire d'automne de celles de la légionnaire uniponctuée par le devant de leur tête qui comporte un « Y » blanc inversé. La légionnaire d'automne a la tête brun foncé ou noire. Les larves des deux espèces présentent des rayures similaires. Cependant, les larves de la légionnaire d'automne présentent des points surélevés hérissés de poils. Quatre de ces points forment un carré sur le dessus du dernier segment abdominal des larves. Contrairement à la légionnaire uniponctuée, la légionnaire d'automne ne possède pas de bandes noires sur les fausses-pattes (grosses pattes arrière).

Les adultes sont des papillons de nuit gris foncé dont les ailes présentent un motif moucheté et une tache blanche proéminente à l'extrémité.

**Cycle biologique :** Une fois adultes, sous leur forme de papillons, les légionnaires d'automne migrent du sud des États-Unis et se manifestent tard dans la saison, quand le maïs est parvenu à maturité. Ils ne peuvent pas hiverner là où la terre gèle.

**Dommages :** La légionnaire d'automne attaque parfois des cultures de graminées (p. ex. le blé). Les larves se nourrissent des feuilles du verticille et des épis, surtout de la fin juillet à septembre. Elles se nourrissent toute la journée, tandis que les larves de la légionnaire uniponctuée font leurs ravages la nuit. Les premiers indices d'une



infestation par la légionnaire d'automne sont des feuilles présentant des trous minuscules comme dans le cas des infestations par la pyrale du maïs, sauf que dans le cas de la légionnaire, au fur et à mesure que les larves grossissent, les trous deviennent très gros et leur pourtour est déchiqueté. Un autre signe est la présence, à proximité, d'excréments brun rougeâtre et humides.

Les dommages causés à l'épi sont similaires à ceux qu'on attribue au ver de l'épi du maïs, si ce n'est que le trou d'entrée de la légionnaire d'automne est facile à voir sur le côté de l'épi, et que que ses dégâts s'étendent à tout l'épi, tandis que le ver de l'épi du maïs pénètre dans l'épi par les canaux des soies et que ses dommages se concentrent surtout autour de la pointe de l'épi.

**Technique de dépistage :** Examiner vingt plants en cinq points du champ pour déterminer le niveau d'infestation. Noter la taille et le nombre de larves. Inspecter le pourtour des champs, étant donné que les légionnaires peuvent migrer dans le champ en provenance de champs de maïs voisins.

Voir si les larves portent des oeufs de parasites. Ces oeufs, petits, ovales et jaunâtres se trouvent habituellement juste derrière la tête de la larve. Il s'agit d'oeufs d'une mouche parasite. Des oeufs vont naître des asticots qui tueront les larves de légionnaires.

**Seuil d'intervention dans le maïs :** Si 50 % des plants sont infestés de larves non parasitées de moins de 2,5 cm (1 po) de longueur, un traitement insecticide peut être justifié, mais les dommages n'entraînent habituellement pas de pertes économiques tant que l'infestation n'est pas forte et que les dommages ne sont pas concentrés sur les panicules mâles non encore formées.

**Seuil d'intervention dans les céréales d'automne :** Deux ou trois larves non parasitées de moins de 2,5 cm (1 po) de longueur par 30 cm (pied linéaire) de rang, surtout lorsque la culture est au stade de jeunes plantules.

#### Stratégies de lutte dans le maïs :

- Les hybrides de maïs Bt comportant la protéine Cry1F offrent une certaine protection contre la légionnaire d'automne.
- Les légionnaires ont tendance à se déplacer par nuées d'un champ à l'autre. Le cas échéant, pulvériser le pourtour du champ infesté. La lutte chimique est inefficace contre les larves de plus de 2,5 cm (1 po) de long et contre celles situées dans l'épi.
- Des parasites et d'autres organismes utiles réussissent habituellement à maintenir les populations de légionnaires sous le seuil de nuisibilité. Éviter tout traitement insecticide en présence d'un grand nombre de larves parasitées.
- Le maïs semé tard est vulnérable aux dommages causés aux feuilles et au verticille. Comme les zones herbeuses dans les champs et en périphérie sont des lieux de ponte privilégiés, on recommande d'éliminer les graminées et mauvaises herbes dans le champ. Il n'est pas toujours judicieux de combattre les graminées en fin de saison, car que les larves ont alors tendance à se réfugier dans les herbes mortes, puis dans la culture.

**Stratégies de lutte dans les céréales d'automne :** Il est rare que les céréales d'automne soient envahies par les légionnaires

d'automne. Si le seuil d'intervention est atteint, une pulvérisation peut être nécessaire.

#### PUCERON DU MAÏS (*Rhopalosiphum maidis*)

**Description :** Ces pucerons sont de petits insectes (de 2 mm ou moins) bleu-vert au corps mou, aux pattes noires et aux cornicules noires et courtes (les cornicules sont des protubérances) près de l'extrémité arrière de l'abdomen (planche 81, p. 292). Ils ont des pièces buccales de type perceur-sucateur et se nourrissent des sucres (éléments nutritifs) des jeunes tissus des plants (panicule et verticille). Ils sécrètent une substance collante appelée « miellat », qui peut être recouverte de plaques de moisissure et de fumagine.

**Cycle biologique :** Ce ravageur n'hiverné pas en Ontario, mais est plutôt porté chaque année par les courants d'air venant du sud où les cultures sont plus avancées. Les premiers individus à arriver au printemps se nourrissent de céréales, jusqu'à ce que le maïs offre un attrait. Les populations migrantes sont composées uniquement de femelles ailées. Une fois qu'elles sont établies, ces femelles se reproduisent sans s'accoupler et donnent naissance à des nymphes dépourvues d'ailes. Sont ainsi produites des générations d'adultes à la fois ailés et non ailés, selon la qualité des éléments nutritifs de la plante. Les pucerons ailés s'envolent ensuite vers les champs de maïs à proximité et pénètrent dans le verticille. On compte plusieurs générations de ce puceron chaque année.

**Dommages :** L'ampleur des dommages dépend de la taille de la population. Les nymphes et les adultes se nourrissent essentiellement du verticille, privant le plant d'éléments nutritifs et d'eau. Les symptômes de la présence des pucerons du maïs sont le jaunissement, le flétrissement et l'enroulement des feuilles. Pendant une sécheresse, quand les plants sont soumis à un stress, les symptômes peuvent être amplifiés. Au fur et à mesure que les populations augmentent et que la moisissure envahit le miellat, les surfaces foliaires et les panicules mâles deviennent souvent noires et fuligineuses. Les panicules mâles peuvent devenir collantes, ce qui nuit à la pollinisation. Les pucerons sont également des vecteurs du virus de la mosaïque nanisante du maïs et du virus de la jaunisse nanisante de l'orge.

**Technique de dépistage :** Examiner cinq jeux de vingt plants par champ.

**Seuil d'intervention :** Si l'on compte 400 pucerons par plant sur 50 % des plants entre la fin du stade du verticille et le début de la floraison mâle, et que les plants souffrent d'un stress hydrique, une intervention est nécessaire.

**Stratégies de lutte :** La lutte chimique n'est justifiée que si les ennemis naturels et les parasites du puceron du maïs sont absents et que si les densités de populations de pucerons dépassent le seuil d'intervention indiqué ci-dessus. Il existe plusieurs ennemis naturels qui sont passablement efficaces contre les pucerons du maïs, notamment certaines guêpes parasites ainsi que les adultes et les larves de la coccinelle et du chrysope.

La lutte chimique tue les ennemis naturels, ce qui peut mener à une recrudescence des populations de pucerons.

Tableau 13-2. Symptômes d'infestations dans les champs de soya

Symptôme	Ravageurs									
	Asticots (hanneton commun ou scarabée japonais)	Larve de la mouche des légumineuses	Limace	Chrysomèle du haricot	Puceron du soya	Scarabée japonais adulte	Tétranyque à deux points	Pentatomidés	Punaise terne	
<b>Peuplement clairsemé</b>										
Racines coupées, plants flétris, rabougris ou absents.	x									
Galerie creusée dans le cotylédon, l'embryon ou l'hypocotyle.		x	x							
<b>Trous dans les feuilles</b>										
Trous ronds dans les feuilles.				x		x				
Feuilles dépouillées du limbe.			x			x				
<b>Feuilles déformées ou décolorées</b>										
Petits points blancs sur la face supérieure des feuilles, feuilles jaunies.										
Feuilles cloquées, rabougrissement des plants (feuilles parfois collantes).					x					
<b>Gousses endommagées</b>										
Gousses coupées ou portant des perforations ou des traces d'alimentation.				x						
Gousses percées ou frisées et graines ridées ou tachées.								x	x	

## Ravageurs du soya

Le tableau 13-2, *Symptômes d'infestations dans les champs de soya*, sur cette page, indique à quels ravageurs peuvent être attribués les symptômes décrits.

Cette section est consacrée aux ravageurs qui ne s'attaquent qu'au soya. Les ravageurs suivants peuvent également s'attaquer à d'autres cultures :

Scarabée japonais .....	p. 197
Hanneton commun .....	p. 196
Mouche des légumineuses .....	p. 199
Limace .....	p. 199
Punaise terne .....	p. 222

### PUCERON DU SOYA (*Aphis glycines*)

**Description :** Le puceron du soya est un petit puceron (pas plus gros qu'une tête d'épingle) de jaune pâle aux cornicules noires et à la queue jaune pâle (planche 82, p. 292). Certains adultes sont ailés, d'autres pas. Les nymphes, aptères, sont plus petites que les adultes. Sur le nerprun, les œufs sont petits, en forme de ballon de football américain. Ils sont jaunes au moment de la ponte, puis deviennent brun foncé comme les rameaux du nerprun. Les œufs sont habituellement pondus le long des replis des bourgeons de nerprun.

**Cycle biologique :** D'origine asiatique, le puceron du soya a été vu pour la première fois en Amérique du Nord en 2000 et en Ontario en 2001. Pour compléter son cycle biologique, l'insecte doit compter sur deux hôtes. En effet, les pucerons du soya survivent en tant qu'œufs sur les branches de nerprun. Au printemps, les nymphes éclosent, et les pucerons vivent pendant deux générations sur le nerprun, comme femelles aptères. La

troisième génération se transforme en adultes ailés qui migrent vers les plants de soya. Les pucerons continuent par la suite de produire des générations aptères jusqu'à ce que les plants de soya soient fortement infestés et que leur qualité diminue. Ils produisent alors des pucerons ailés qui migrent vers des plants moins fortement infestés. On peut compter jusqu'à dix-huit générations de pucerons par an dans le soya. À l'instar de la plupart des espèces de pucerons, les pucerons du soya sont tous des femelles qui donnent naissance à des nymphes vivantes, qu'elles portaient en elles à la naissance. Les mâles ne voient le jour qu'à l'automne pour que les femelles puissent s'accoupler avec eux et pondre des œufs sur le nerprun.

**Dommages :** Le puceron possède des pièces buccales de type perceur-suceur capables de perforer l'épiderme de la plante et d'en absorber par succion les liquides et les éléments nutritifs. Lorsqu'il est présent en petit nombre dans une culture de soya, le puceron peut vivre et s'alimenter de la plante sans entraîner une baisse de rendement. Par contre, une fois les seuils de nuisibilité dépassés — notamment lors des saisons sèches qui imposent un stress supplémentaire aux plants —, le puceron peut provoquer l'échec de la floraison, ralentir la croissance des plants et entraîner une baisse de la production de gousses et de graines et une réduction de leur qualité. Les pertes de rendement attribuables au puceron sont les plus importantes aux premiers stades R (R1 et R2) du développement des plants, au moment où la floraison risque d'être interrompue, compromettant la formation des gousses. Une infestation importante au stade du remplissage des gousses (R3) et aux stades ultérieurs peut se traduire par une réduction de la taille des graines et de leur qualité. Par ailleurs, le puceron du soya excrète une substance collante, appelée miellat, qui peut servir de substrat à la formation de fumagine grise. Enfin, le puceron du soya peut devenir un vecteur dans la transmission du virus de la mosaïque du soya (voir sous *Mosaïque du soya*, p. 239).

**Technique de dépistage :** En début de saison, les pucerons sont portés à se concentrer sur les nouvelles feuilles et les feuilles trifoliées du haut. Plus tard, après le début des stades reproductifs, les pucerons vont plutôt dans le feuillage de mi-hauteur ou du bas, peut-être pour échapper à la chaleur ou aux prédateurs, plus nombreux au sommet. En raison des déplacements de l'insecte pendant la saison végétative, la meilleure technique de dépistage consiste à compter leur nombre sur des plants complets et à comparer ce nombre au seuil d'intervention.

Inspecter chaque champ tous les sept à dix jours, du début juin jusqu'au début septembre ou jusqu'à ce que les plants soient bien avancés dans le stade R6. Inspecter plus souvent (aux trois à quatre jours) à mesure que la population approche du seuil d'intervention. Compter les pucerons sur vingt à trente plants choisis au hasard dans tout le champ, sauf sur ses pourtours. À partir de l'examen individuel des plants, estimer le nombre moyen de pucerons par plant dans chaque champ. Toute augmentation lors d'au moins deux visites consécutives indique que les populations sont en hausse.

**Seuil d'intervention :** Le seuil est une population de 250 pucerons par plant, en voie d'augmentation sur 80 % des plants, du stade R1 au stade R5, y compris. L'exploitant dispose alors de sept à dix jours avant que soit atteint le seuil de nuisibilité économique (où le coût des interventions égale celui des pertes). Les ennemis naturels du puceron empêchent l'infestation de s'aggraver quand la population se maintient autour de 250 individus par plant. Au delà du stade R6, le seuil augmente et il est peu probable qu'un traitement insecticide présente un quelconque avantage économique. Les colonies de pucerons du soja se forment normalement sur le revers des feuilles. Quand ils pullulent, les insectes migrent vers les pédoncules et les gousses, ce qui indique habituellement que le seuil d'intervention a été atteint.

#### Stratégie de lutte :

- Plusieurs ennemis naturels du puceron, dont la coccinelle (planches 83 et 84, p. 292), la minuscule punaise anthoricide, la larve du syrphé et des guêpes parasites, jouent un rôle utile dans la lutte contre le puceron du soja. Un agent pathogène peut aussi infecter le puceron du soja, mais il lui faut de la chaleur et de l'humidité pour agir.
- Tant que les populations ne dépassent pas 250 pucerons par plant, leurs ennemis naturels empêcheront l'infestation de progresser. On n'emploiera pas d'insecticide car le produit aurait pour effet d'éliminer les ennemis naturels et de faire gonfler les populations de pucerons au delà du seuil d'intervention.
- Avant toute pulvérisation insecticide, voir si les plants sont aussi infestés par des tétranyques. Dans un tel cas, choisir un produit qui éliminera pucerons et tétranyques, sinon ces derniers se multiplieront davantage, tentant de combler le vide laissé par les pucerons.

#### TÉTANYQUE À DEUX POINTS (*Tetranychus urticae*)

**Description :** Adulte, le tétranyque à deux points est pratiquement invisible à l'œil nu. Mesurant entre 0,5 et 1,0 mm ( $\frac{1}{32}$  po) de long, cet insecte brun jaunâtre a le corps rond,

huit pattes et deux taches foncées sur les côtés de l'abdomen (planche 85, p. 293). Les larves ressemblent aux nymphes et aux adultes, sauf qu'elles ont six pattes au lieu de huit. Avec leurs quatre paires de pattes, les nymphes ressemblent aux adultes. Les femelles hivernantes, elles, sont orange ou rouges.

**Cycle biologique :** En général, les tétranyques à deux points hivernent en tant que femelles adultes en se servant, entre autres, des débris végétaux et des bordures des champs comme abri. Les champs de blé contre-ensemencés de trèfle rouge qui ont été fauchés constituent un autre site d'hivernation important.

En effet, le trèfle rouge peut nourrir le tétranyque jusqu'aux gelées, lui permettant de survivre dans le champ. À la fin avril, quand la température se réchauffe, le tétranyque commence à chercher de la nourriture et des sites de ponte. Les tétranyques se déplacent en rampant; les infestations ont donc tendance à s'étendre lentement depuis les bordures des champs. Les femelles non accouplées se massent sur le faite des plants et tissent des toiles qui, agissant comme des « montgolfières », se gonflent sous l'effet des grands vents et les amènent à un autre site. Les femelles peuvent se reproduire sans s'accoupler. En fait, une seule femelle peut être le point de départ de toute une colonie. Par temps chaud, sec et venteux, les infestations peuvent se propager très rapidement. Il peut y avoir jusqu'à sept générations par an, leur période de croissance se chevauchant. Des pluies fréquentes et du temps frais réduisent les populations dans les champs de soja.

**Domages :** Ce ravageur s'alimente du contenu des cellules végétales sur le revers des feuilles grâce à ses pièces buccales similaires à des stylets. Des points marquent les endroits rongés par le tétranyque. Les pointillés sévères font jaunir, s'enrouler ou brunir les feuilles (planche 86, p. 293). Tôt ou tard, la feuille s'assèche et tombe. Un examen minutieux révèle une fine toile sur le revers des feuilles. Les dommages les plus graves se produisent par temps chaud et sec, normalement à la mi-juillet, après la récolte du blé d'automne. Habituellement, les dommages par les tétranyques débutent sur les pourtours des champs, mais grâce au vent, les tétranyques sont transportés vers l'intérieur des champs où ils créent des foyers d'infestation isolés. De la route, ces foyers isolés font penser à des zones soumises à un stress hydrique. Parmi les champs les plus à risque, mentionnons les champs avoisinants de chaume de blé d'automne et de foin, ainsi que les talus des fossés et les haies-clôtures qui hébergent les tétranyques hivernants. Sont aussi à risque les champs de soja en semis direct ensemencés immédiatement après une culture de blé d'automne contre-ensemencée de trèfle rouge.

**Techniques de dépistage :** Parcourir les champs chaque semaine à partir de la première semaine de juillet. Les infestations ont tendance à survenir peu après la récolte du blé et lorsque les municipalités tondent le bord des routes. Les infestations, qui vont du bord des champs vers l'intérieur, se présentent sous forme de points névralgiques. Il faut chercher des petits points blancs sur le dessus des feuilles du milieu du feuillage. Retourner ces feuilles et les secouer au-dessus d'une feuille blanche pour observer les tétranyques qui s'agitent. Il faut une loupe grossissant dix fois pour les voir.

**Seuils d'intervention :** La présence d'au moins quatre tétranyques par foliole ou d'une feuille gravement endommagée par plant avant le stade de remplissage des gousses signale la nécessité d'intervenir.

#### Stratégies de lutte :

- Si le nombre de tétranyques dépasse le seuil d'intervention, il peut y avoir lieu de faire un traitement insecticide.
- Faire des pulvérisations sur les pourtours des champs afin de maîtriser les infestations précoces, de prévenir la propagation des tétranyques dans les autres parties du champ et, éventuellement, de réduire le besoin de traitements ultérieurs.
- S'il y a risque de pluie, retarder la pulvérisation. Un temps pluvieux prolongé réduit normalement les populations de tétranyques à un nombre insignifiant.
- Utiliser des cultivars tolérant la sécheresse pour minimiser l'effet des tétranyques. Quand les conditions ne sont pas propices à la croissance des tétranyques, leurs ennemis naturels (p. ex. coccinelle, thrips, acariens prédateurs) contribuent à contenir les populations. Du temps frais et un taux d'humidité élevé peuvent favoriser la propagation d'un agent pathogène susceptible de le maîtriser de façon naturelle.

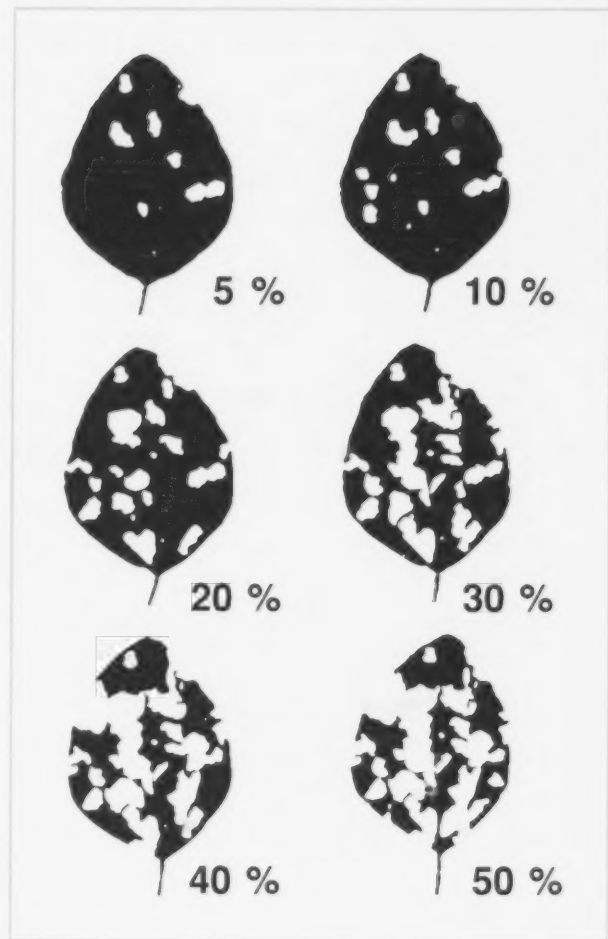
#### Insectes défoliateurs

Le soja peut compenser les pertes importantes de feuilles dues à des insectes, et ce, avec très peu d'incidence sur le rendement. Non seulement les plants de soja continuent-ils de produire de nouvelles feuilles au sommet du plant pour compenser les pertes foliaires dues à l'alimentation des insectes, mais les feuilles qui se situent sous la zone infestée, étant davantage exposées au soleil, deviennent plus grosses, ce qui accroît la surface foliaire. Cependant, le stade le plus critique s'étend de la floraison (R1) au remplissage des gousses (R4), moment où la croissance des graines dépend beaucoup de la photosynthèse. S'il devait se produire une défoliation importante pendant cette période, les rendements risqueraient d'en souffrir, surtout les années de sécheresse.

Pour estimer les seuils de nuisibilité des insectes défoliateurs pour le soja, calculer le pourcentage de défoliation pour chaque champ de soja. En dix points du champ, prélever des feuilles trifoliées dans le milieu du feuillage de cinq plants. Jeter la foliole la moins endommagée et la foliole la plus endommagée de chacune des feuilles trifoliées.

Comparer les folioles restantes à la figure 13-2, *Défoliation du soja due aux insectes défoliateurs*, sur cette page, et déterminer le pourcentage moyen de défoliation. On a souvent tendance à surestimer l'ampleur de la défoliation, étant donné que la plupart des insectes défoliateurs s'attaquent d'abord à la partie supérieure du feuillage et au pourtour des champs. Au premier coup d'œil, les dommages peuvent ainsi paraître plus lourds qu'ils ne le sont en réalité. Pour se faire une idée juste des dommages, s'assurer d'inspecter les feuilles trifoliées provenant du milieu du feuillage.

Une fois le pourcentage de défoliation établi pour chaque champ, s'aider du tableau 13-3, *Seuils de nuisibilité des insectes défoliateurs pour le soja*, page en regard, pour déterminer, en fonction du stade de la culture, si une intervention est justifiée.



**Figure 13-2.** Défoliation du soja due aux insectes défoliateurs  
Source : University of Illinois et Purdue University, 1982.

#### CHRYSMÈLE DU HARICOT (*Certoma trifurcata*) haricots secs comestibles, soja

**Description :** La chrysmèle adulte mesure environ 5 mm ( $\frac{1}{8}$  po) et possède parfois quatre taches noires (en parallélogramme) sur les couvertures alaires (planche 87, p. 293). Elle peut-être de diverses couleurs (p. ex. jaune-vert, chamois, rouge).

Elle porte un petit triangle noir à la base des couvertures alaires (derrière la tête) qui sont bordées de noir.

Ne pas confondre la chrysmèle du haricot, la chrysmèle maculée du concombre et les coccinelles. La première porte un petit triangle noir derrière la tête.

**Cycle biologique :** Il y a deux générations de chrysmèles du haricot par an, sans compter la population hivernante qui envahit le soja après avoir quitté son site d'hivernation au printemps. La chrysmèle adulte hiverne dans les terres à bois, et les feuilles mortes et débris qui jonchent le sol. À la fin avril, les adultes sortent d'hivernation et s'alimentent des champs de luzerne avoisinants, jusqu'à la première coupe de la luzerne ou la levée du soja. Ensuite, les femelles fécondées pondent des



**Tableau 13-3.** Seuils de nuisibilité des insectes défoliateurs pour le soya

Stade du soya	% de défoliation
Préfloraison (stades végétatifs)	30 %
De la floraison (R1) au remplissage des gousses (R4)	15 %
Du remplissage des gousses à la maturité (R5-R6) (à moins qu'on observe que des gousses ont été dévorées)	25 %

oeufs orange en forme de citron par petites grappes dans le sol, à la base des plants de soya. La ponte se termine à la mi-juin. Suit une période bien marquée, entre la fin juin et la mi-juillet, où l'activité des adultes est quasi-inexistante dans le champ, le gros de la population étant alors aux stades d'oeuf ou de larve. Les larves fraîchement écloses consomment des racines et d'autres parties végétales enterrées pendant une trentaine de jours, jusqu'à la pupaison. La première génération d'adultes sort du sol dès la mi-juillet et s'alimente des feuilles et des gousses de soya. Cette génération vit environ un mois, pendant lequel elle pond les oeufs qui produiront les adultes de la seconde génération d'adultes. Celle-ci apparaît entre le milieu et la fin d'août et se nourrit des gousses jusqu'à la sénescence des plants. Les adultes reviennent alors aux champs de luzerne, s'il y en a, ou migrent vers des sites d'hivernation.

**Dommages dans le soya :** En règle générale, la défoliation du soya causée par la chrysomèle adulte est négligeable en Ontario. Les dommages aux plantules (stades V1 à V2) par les adultes hivernants font exception à la règle. Adulte, la chrysomèle fait de petits trous ronds entre les nervures principales des folioles. En cas de lourdes infestations, il arrive que les cotylédons et les plantules soient coupés. En fin de saison, elle se nourrit également de gousses, ce qui constitue un autre problème. La chrysomèle s'alimente de la surface des gousses, ne laissant qu'une mince couche de tissus pour protéger les graines. Ces lésions accroissent la vulnérabilité des gousses à des maladies secondaires, telles que l'alternariose. Il arrive aussi que les gousses soient coupées du plant, mais il ne s'agit pas là de la principale cause de perte de rendement. La principale préoccupation est que la chrysomèle est un vecteur du virus de la marbrure des gousses du haricot qui rend le plant et les graines ridés et marbrés, avec pour résultat un produit de qualité inférieure.

#### **Dommages dans les haricots secs**

**comestibles :** La chrysomèle du haricot préfère le soya, mais elle peut aussi s'attaquer aux haricots secs comestibles, en particulier les années où les populations sont fortes. Il est rare qu'elle envahisse les cultures de haricots avant la mi-saison. En Ontario, la défoliation ne justifie en général pas une intervention. Adulte, la chrysomèle fait de petits trous ronds entre les nervures principales des folioles. En cas de lourdes infestations, il arrive que les cotylédons et les plantules soient coupés. Ce qu'on craint surtout dans les cultures de haricots secs comestibles, ce sont les dommages causés aux gousses en fin de saison. La chrysomèle consomme la surface des gousses, ne laissant qu'une mince couche végétale pour protéger les graines, rendant les gousses vulnérables à des maladies secondaires telles que l'alternariose. Il arrive aussi que les gousses soient sectionnées — une cause secondaire de perte de rendement.

#### **Technique de dépistage :**

**Stade de plantules du soya :** Choisir au hasard au moins cinq sites d'échantillonnage dans le champ. À chaque site, marcher lentement, sur 4,5–6 m (15–20 pi) le long du rang et bien compter toutes les chrysomèles. Sans déranger les plants, les vérifier de près de manière à voir le revers des feuilles. Calculer le nombre moyen par mètre ou pied de rang.

**Au delà du stade plantule du soya :** En dix points du champ, prélever des feuilles trifoliées entièrement déployées provenant du milieu du feuillage de cinq plants. Jeter la foliole la moins endommagée et la foliole la plus endommagée de chacune des feuilles trifoliées. Établir le pourcentage de défoliation à l'aide de la figure 13-2, *Défoliation du soya due aux insectes défoliateurs*, page en regard.

**Soya aux stades R5 et R6 :** Aucun seuil n'a encore été validé pour l'Ontario. Les seuils reposent sur le pourcentage de gousses attaquées. Évaluer ce pourcentage en inspectant vingt plants en cinq points du champ. Éviter les pourtours du champ. Déterminer le nombre de gousses qui présentent des signes d'alimentation ou qui sont coupées et le nombre d'adultes présents.

**Avant le stade du remplissage des gousses de haricots secs comestibles :** Évaluer l'ampleur de la défoliation existante. En dix points du champ, prélever des feuilles trifoliées entièrement déployées dans le milieu du feuillage de cinq plants. Jeter la foliole la moins endommagée et la foliole la plus endommagée de chacune des feuilles trifoliées. Déterminer le pourcentage de défoliation à l'aide de la figure 13-2, *Défoliation du soya due aux insectes défoliateurs*, page en regard.

#### **Stades de remplissage des gousses de haricots secs**

**comestibles :** Les seuils dépendent du pourcentage de dommages observés sur les gousses. Évaluer ce pourcentage en inspectant vingt plants en cinq points du champ. Éviter les pourtours du champ. Déterminer le nombre de gousses qui présentent des signes d'alimentation ou qui sont sectionnées et le nombre d'adultes présents.

#### **Seuils d'intervention :**

**Stade plantule du soya (VC-V2) :** Le seuil d'intervention contre la chrysomèle du haricot et de seize chrysomèles adultes par pied de rang lorsque la culture est au stade de plantule. Si les plants sont sectionnés, intervenir.

**Stades V3-R4 du soya :** Si la défoliation est supérieure aux seuils indiqués dans le tableau 13-3, *Seuils de nuisibilité des insectes défoliateurs pour le soya*, sur cette page, un traitement correctif peut être justifié.

**Stades R5-R6 du soya à IP de qualité alimentaire et de semence :** Dès que 10 % des gousses sont endommagées ET que les chrysomèles sont encore actives dans le champ, une pulvérisation est justifiée. Veiller toutefois à respecter le délai de non-traitement avant récolte.



La défoliation des cultures de soya peut aussi être attribuable au scarabée japonais. Voir *Scarabée japonais*, p. 197. Dans le cas d'autres insectes défoliateurs du soya, notamment l'altise à tête rouge, les adultes de la chrysomèle des racines du maïs, la sauterelle, les chenilles de la belle dame, faire le dépistage tel qu'il est indiqué sous Insectes défoliateurs et dans le tableau 13-3, *Seuils de nuisibilité des insectes défoliateurs pour le soya*, p. 211.

#### Seuil d'intervention dans les haricots secs comestibles :

Il n'y a pas lieu de craindre de pertes de rendements notables tant que la défoliation n'atteint pas 35 % avant la floraison et 15 % après la floraison. Aucun seuil d'intervention n'a été validé à ce jour pour l'Ontario relativement à la période de remplissage des gousses. Toutefois, compte tenu de la grande valeur et des normes de qualité rigoureuses exigées des haricots secs comestibles, si 5-8 % des gousses inspectées présentent des cicatrices causées par l'alimentation des chrysomèles, une intervention peut être nécessaire. S'assurer que les adultes sont encore actifs dans le champ avant de faire une pulvérisation.

**Stratégies de lutte dans le soya :** Dans les champs où la chrysomèle du haricot a déjà sévi en début de saison et dans les champs qui sont les premiers à être ensemencés dans la région, employer de la semence ayant subi un traitement insecticide. Avant de faire un traitement insecticide foliaire, déterminer la pression exercée dans le champ par les populations de pucerons du soya et de tétranyques. Certains insecticides peuvent être plus lourds de conséquences sur les auxiliaires de lutte que sur les ennemis à combattre et provoquer un gonflement des populations de pucerons ou de tétranyques.

**Stratégies de lutte dans les haricots secs comestibles :** Dans les champs où la chrysomèle du haricot a déjà sévi en début de saison et dans les champs qui sont les premiers à être ensemencés dans la région, employer de la semence traitée. Utiliser des insecticides foliaires quand les seuils d'intervention sont atteints.

#### Insectes perceurs de gousses

##### PUNAISE VERTE (DU SOYA) (*Nezara viridula*)

##### PUNAISE FÉTIDE (*Euschistus servus*)

**Description :** Deux espèces de pentatomes ou punaises des bois peuvent s'attaquer aux cultures de haricots, soit la punaise verte *Nezara viridula*, parfois dite punaise verte du soya (*Southern green stink bug*) et la punaise fétide. La punaise verte adulte est de bonne taille (environ 1,8 cm [ $\frac{3}{8}$  po] de longueur), de couleur vert pâle, en forme de bouclier et possède des ailes pleinement développées. La punaise fétide est plus petite (environ 1 cm [ $\frac{1}{8}$  po] de longueur) et de couleur brun-gris marbré. Les pentatomes adultes ont la forme d'un bouclier (planche 88, p. 293). Les nymphes (individus juvéniles) peuvent présenter une allure très différente de la forme adulte, avec des ébauches d'ailes très courtes et tronquées et des couleurs souvent très différentes de celles des adultes. En particulier, la punaise verte présente, au stade nymphal, une brillante palette de couleurs où l'on retrouve du noir, du vert, de l'orange et du jaune. Les œufs, déposés en amas compacts, sont de couleur blanc jaunâtre et en forme de barillet.

**Cycle biologique :** Les punaises vertes n'hivernent pas en Ontario. Chaque année, elles sont portées par les vents en provenance du sud des États-Unis et parviennent à nos latitudes au milieu de l'été. Les punaises fétides peuvent hiverner en Ontario et envahir d'autres cultures au début de l'été. Les pentatomes envahissent les champs de soya en août et au début septembre.

Il ne faut pas confondre la punaise fétide avec la punaise prédatrice *Podisus maculiventris*, cette dernière jouant un rôle utile puisqu'elle se nourrit de chenilles et d'autres insectes nuisibles. On peut distinguer l'une de l'autre en examinant de près leur bec ou leurs pièces buccales, en forme d'aiguilles. Le bec de la punaise fétide est effilé : elle s'en sert pour perforer des tissus végétaux délicats. Le bec de la punaise épineuse, plus épais, lui permet de « harponner » ses proies. En plus, la punaise prédatrice possède des épaules plus pointues, qui lui valent en anglais le nom de *spined soldier bug*, mais la différence peut être difficile à apprécier à moins que les deux insectes soient placés côte à côte.

**Dommages :** Nymphes et adultes des deux espèces ont des pièces buccales de type perceur-suceur conçues pour percer l'épiderme des plantes et en sucer les liquides qu'elles contiennent. Les pentatomes se nourrissent directement des gousses et des graines. Les dommages sont difficiles à évaluer parce que leurs pièces buccales ne laissent aucune trace évidente à l'extérieur. En outre, elles injectent dans les graines qu'elles piquent des enzymes digestives qui font les rider en surface. Les ouvertures ainsi pratiquées ouvrent la voie à différentes maladies, de sorte que la qualité des graines s'en trouve affectée. À cela s'ajoutent des dommages indirects, comme le retard de la maturation des graines, appelé syndrome de la graine verte (à noter que l'activité des punaises n'est pas la seule cause du phénomène).

**Techniques de dépistage :** Pour capturer les insectes, utiliser une toile posée sur le sol pour les semis en ligne et un filet fauchoir pour les semis en rangées étroites et les semis faits avec un semoir à grains.

La première méthode consiste à étendre une toile blanche de 90 cm (36 po) de longueur sur le sol, entre deux rangées de plants de soya, puis à secouer vigoureusement les plants des deux rangées contiguës au-dessus de la toile. Il suffira ensuite de compter le nombre de nymphes et d'adultes tombés sur la toile et de diviser ce chiffre par six pour obtenir le nombre moyen de pentatomes dans une longueur de rang de 30 cm (1 pi). Répéter l'opération à au moins quatre autres endroits du champ. Éviter de toucher les plants avant de les secouer.

Pour la deuxième méthode (filet fauchoir), faire vingt balayages du filet (chacun décrivant un arc de 180°) à cinq endroits différents du champ. Compter le nombre total d'insectes capturés (nymphes et adultes), puis diviser le total des prises par cent pour obtenir le nombre moyen d'insectes recueillis par balayage du filet.

**Seuil d'intervention :** Une intervention peut se justifier dans un champ de soya à IP de qualité alimentaire et de semence si on y trouve en moyenne une punaise par longueur de rang de 30 cm (1 pi) ou 0,2 punaise par balayage du filet fauchoir, aux stades R5 et R6.

Tableau 13-4. Symptômes d'infestations dans les cultures fourragères

Symptôme	Insecte						
	Asticots (hanneton européen ou hanneton commun)	Mineuse virgule de la luzerne (agromyze)	Charançon de la luzerne	Charançon postiche de la luzerne	Légionnaire uniponctué	Cicadelle de la pomme de terre	Hespérie des graminées
<b>Flétrissement ou mort des plants</b>							
Dépérissement ou mort des plants, particulièrement sur des buttes sableuses et dans les champs à la première année de la culture.	x						
Profondes rainures en spirale dans la racine pivotante.			x				
<b>Dommages causés par l'alimentation</b>							
Galeries ou tunnels entre les couches supérieures et inférieures des feuilles.		x					
Perforations ou décharnement des feuilles.				x			
Dommages aux pourtours des feuilles et aux bourgeons.					x		x
<b>Décoloration des feuilles</b>							
Jaunissement en forme de V à l'extrémité des feuilles; les feuilles semblent brûlées.						x	

**Stratégies de lutte :**

- Pulvériser un insecticide foliaire dès que les seuils d'intervention sont atteints.
- Respecter les délais de non-traitement avant récolte applicables aux produits utilisés.
- À noter que les œufs des pentatomes peuvent être parasités ou dévorés par divers ennemis naturels.

**Ravageurs des cultures fourragères**

Le tableau 13-4, *Symptômes d'infestations dans les cultures fourragères*, sur cette page, indique à quels ravageurs peuvent être attribués les symptômes décrits.

Cette section décrit les ravageurs qui ne s'attaquent qu'aux cultures fourragères. Les ravageurs suivants peuvent également s'attaquer à d'autres cultures :

Hanneton européen .....	p. 195
Légionnaire d'automne .....	p. 206
Hanneton commun .....	p. 196
Limace .....	p. 199
Légionnaire uniponctué .....	p. 219

**CHARANÇON DE LA LUZERNE (*Otiorhynchus ligustici*)**

**Description :** Au stade adulte, le charançon de la luzerne fait environ 12 mm ( $\frac{1}{2}$  po) de long, est gris foncé et ne peut pas voler (planche 89, p. 293). Les larves sont petites, blanches et apodes et leur tête est d'un brun rougeâtre pâle. On les trouve dans le sol; elles se nourrissent sur ou dans les racines (planche 90, p. 293).

**Cycle biologique :** Le charançon de la luzerne a un cycle de deux ans. Après avoir hiverné, les adultes se réveillent en avril; ils se nourrissent des pousses de luzerne et migrent vers de nouveaux champs pour pondre leurs œufs. Les adultes peuvent marcher

de courtes distances ou se laissent porter plus loin grâce au transport du sol, du gravillon, du foin ou grâce aux machineries agricoles et aux cours d'eau. Tous les adultes sont des femelles. Les œufs éclosent peu après et les larves se nourrissent des racines principales et secondaires de la plante-hôte.

**Dommages :** Cet insecte potentiellement dangereux pour les fourrages a été découvert pour la première fois dans l'est de l'Ontario, près de Prescott et de Brockville. Depuis, des infestations ont aussi été observées à Kemprville et à Ottawa. Les larves cernent la racine pivotante ou rongent sa surface en laissant de profondes rainures en spirale. À l'automne, certains plants attaqués par le charançon se reconnaissent à leur jaunissement et souvent à la disparition des feuilles. Les adultes se nourrissent des feuilles et des tiges, ce qui cause peu de dommages. Les dommages sont plus évidents à la fin de l'été ou au début de l'automne.

**Technique de dépistage :** Dans les comtés de l'est de l'Ontario où sévit le charançon de la luzerne, faire le dépistage en début de saison à la recherche d'indices de la migration de ce ravageur. Plus tard dans la saison, déraciner les plants flétris et les inspecter pour voir s'ils présentent des dommages ou des larves. Le charançon de la luzerne peut s'en prendre à toute une gamme d'hôtes. Ses larves affectionnent particulièrement la luzerne, mais elles peuvent aussi s'attaquer à toutes les espèces de trèfle, de vigne et de fraisier. Elles s'en prennent même parfois à des mauvaises herbes, en particulier à celles qui ont des racines charnues comme la carotte sauvage et le pissenlit.

**Seuil d'intervention :** Aucun seuil n'a été établi.

**Stratégies de lutte :**

- On ne peut compter sur aucun traitement chimique.
- La rotation de la luzerne avec des cultures ne servant pas d'hôtes interrompt le cycle biologique de ce ravageur et en diminue nettement les populations, pourvu qu'il n'y ait pas de luzerne non plus dans les champs voisins.

- Les cultures qui ne servent pas d'hôtes sont le maïs, les céréales à paille et le soya. Dans les champs très infestés, il est recommandé de cultiver des cultures de rotation pendant au moins deux ans pour réduire fortement la population du ravageur.
- Pour minimiser le risque de transmission de ce ravageur, nettoyer consciencieusement les machines agricoles avant de quitter un champ infesté.
- Entreposer le foin de première coupe d'une luzernière infestée au moins deux mois avant de l'expédier ailleurs. Des restrictions ont été imposées sur le transport de foin, de paille, de sol et de compost provenant de champs infestés.
- Si on soupçonne la présence de ce ravageur, il faut communiquer avec l'entomologiste provincial en matière de grandes cultures ou un spécialiste des fourrages.
- Des essais menés dans l'État de New York suggèrent que des nématodes parasites comprimeraient efficacement les populations de ce ravageur.

### MINEUSE VIRGULE DE LA LUZERNE

#### (*Agromyza frontella*)

**Description :** L'adulte de cette espèce, aussi connue sous le nom d'agromyze de la luzerne, est une mouche très petite, noire et arquée. Les larves sont petites, de couleur jaune pâle; on les trouve à l'intérieur des tunnels dans le tissu des feuilles.

**Cycle biologique :** À la fin mai, les mouches adultes émergent des pupes dans lesquelles elles ont hiverné. Les femelles pondent leurs œufs dans les feuilles des nouveaux plants de luzerne. Les larves viennent à maturité dans les petits tunnels des feuilles, puis deviennent adultes, se transforment en pupes sur le sol. Une deuxième génération d'adultes apparaît environ une semaine après (mi-juillet), et une troisième vers la mi-août.

**Dommages :** Cet insecte présente maintenant un problème grave dans le nord de l'Ontario. En effet, on le reconnaît par les petites perforations qu'il fait dans les feuilles lorsqu'il s'alimente et pond ses œufs. Après l'éclosion, la larve se nourrit de l'intérieur des feuilles en creusant de petites galeries ou tunnels entre les couches supérieures et inférieures. Ces tunnels partent habituellement de la base de la feuille et atteignent l'extrémité en s'élargissant, créant des « pustules » sur leur chemin (planche 91, p. 338). En général, les dommages dus à l'alimentation font diminuer la qualité du fourrage, mais affectent peu le rendement.

**Technique de dépistage :** Inspecter les champs une fois par semaine afin de déterminer le pourcentage de feuilles perforées.

**Seuil d'interventions :** N'intervenir que si 40 % des feuilles ont été perforées par des adultes.

#### Stratégies de lutte :

- Il existe une espèce de parasite qui est efficace contre la mineuse virgule de la luzerne dans le sud de l'Ontario.
- Les insecticides sont nuisibles à ce parasite et, par conséquent, on ne conseille pas de les utiliser à moins que la population de mineuses virgules de la luzerne soit extrêmement élevée.
- Pour qu'un insecticide soit efficace, on doit l'appliquer au plus tard au moment où les perforations apparaissent.

### CHARANÇON POSTICHE DE LA LUZERNE

#### (*Hypera postica*)

**Description :** Au stade adulte, le charançon postiche de la luzerne est brun, mesure environ 5 mm ( $\frac{1}{4}$  po) de long et a une bande longitudinale brun foncé au milieu du dos (planche 92, p. 294). Les larves, vert vif, ont la tête noire, six pattes et une rayure blanche au milieu du dos. À leur plein développement, elles mesurent environ 8 mm ( $\frac{1}{2}$  po) de long (planche 93, p. 294).

Il ne faut pas confondre les larves du charançon postiche de la luzerne et celles du charançon des feuilles du trèfle. Ces dernières sont en fait plus grosses, leur tête est de couleur brun pâle et non noire, et leur rayure est blanche et bordée de rose. Il ne faut pas non plus confondre les larves du charançon postiche de la luzerne et celles des mouches prédatrices, apodes et acéphales.

**Cycle biologique :** Les adultes hivernent dans les résidus de culture et émergent au printemps pour se nourrir des nouvelles pousses; la ponte a lieu dans les tiges de luzerne en mai. Après l'éclosion, les larves atteignent le sommet des plants, d'où elles se nourrissent de feuilles et de bourgeons. À la fin juin, début juillet, elles s'enferment dans des cocons blancs peu serrés, dans les feuilles (pupaïson).

**Dommages :** Les larves causent le plus de dégâts, en s'alimentant de l'intérieur des bourgeons à feuilles et en se déplaçant vers le haut des plants. Les dommages se manifestent d'abord par des trous d'épingle, puis des tissus d'apparence décharnée entre les nervures. Dans les champs fortement infestés, les feuilles sont endommagées au point que les champs ont l'air blanc grisâtre ou givré. Les adultes qui se nourrissent pendant l'été ne causent pas de dégâts considérables.

**Technique de dépistage :** Inspecter plusieurs parties de chaque champ deux fois par semaine entre la mi-mai et le mois de juin. Les premiers dommages se manifestent dans les sols peu profonds ou sur les pentes exposées au sud, surtout si le printemps est chaud et sec. En Ontario, on a observé que le point culminant des dommages coïncide normalement avec le stade du bouton de la première culture. Pour compter les larves, prélever trente tiges suivant un tracé en forme de « M ». Les placer dans un seau blanc et les frapper contre la paroi afin d'enlever les larves des troisième et quatrième stades. Les larves des premier et deuxième stades (au plus 3 mm de long) sont d'une couleur variant de jaune pâle à vert pâle, et leur rayure blanche est absente. Il peut y en avoir dans les feuilles supérieures, mais il ne faut pas compter ces larves plus jeunes. Vérifier si les larves sont actives et saines. Les larves infectées par le champignon pathogène se déplacent lentement et sont de couleur jaune ou havane.

#### Seuil d'intervention :

- Se baser sur les niveaux de dommages aux pointes des feuilles et sur les dénombrements pour évaluer les seuils d'intervention et les mesures appropriées (coupe ou insecticide). Si 40 % des pointes des feuilles sont abimées, s'il y a deux ou trois charançons actifs par tige, et s'il reste plus de sept à dix jours avant la date de récolte optimale, envisager d'épandre un insecticide. On entend par feuilles abimées le pourcentage

de pointes des feuilles qui présentent des signes évidents de dommages. Ne pas confondre avec le pourcentage de défoliation.

- Moins d'une larve active par tige ne nécessite pas une intervention; par contre, il faut continuer de surveiller la situation.
- Si la luzerne mesure moins de 40 cm (16 po) de haut et contient deux larves actives par tige, il faut intervenir.
- Si la luzerne contient plus de trois larves actives par tige, il faut intervenir immédiatement.

Si les populations de charançons sont élevées lors d'une première coupe tardive, il peut arriver que les larves survivantes s'alimentent des repousses de luzerne, ce qui peut entraîner une perte totale du peuplement. Si le champ est fortement infesté, surveiller la repousse du chaume. Le symptôme principal est que les plants de luzerne ne verdissent pas, car les charançons se nourrissent des bourgeons du collet. La présence d'au moins deux larves actives par collet, ou de 4-8 larves par carré de 30 cm de côté (1 pi<sup>2</sup>) justifie la pulvérisation d'un insecticide sur le chaume.

#### Stratégies de lutte :

- Des traitements insecticides ne sont recommandés que lorsqu'il est impossible de faucher la luzerne, par exemple quand celle-ci est au stade prébouton. Faucher un champ de luzerne avant le stade du bouton risque de réduire la vigueur du peuplement et de donner un fourrage de trop grande qualité pour la plupart des animaux d'élevage. La repousse peut également afficher un moins bon rendement en raison des dommages attribuables au charançon.
- La clé de la lutte contre le charançon postiche de la luzerne est la récolte en temps opportun ou l'application d'un insecticide fondée sur l'inspection des champs. Si l'infestation est menaçante, il faut faucher immédiatement les champs afin d'éliminer les dommages dus à l'alimentation. La plupart des larves seront ainsi éliminées du champ. Quant aux larves restantes, habituellement, elles se dessèchent, meurent de faim ou sont la proie de leurs ennemis naturels.
- À l'occasion, s'il fait chaud au mois de mai, les charançons éclosent tôt et les dommages dus à l'alimentation se manifestent avant le stade du bouton, un moment qui se prête à la récolte de la luzerne. Le cas échéant, un traitement insecticide pourrait être justifié.
- Avant toute application, aviser les apiculteurs du voisinage pour leur laisser la chance de déménager leurs colonies à l'extérieur de la zone dangereuse. Il est à noter que la pulvérisation d'insecticides sur la luzerne tue aussi les insectes utiles, les ennemis naturels des ravageurs. L'emploi d'insecticides augmente donc les risques d'infestations futures.
- La maîtrise du charançon postiche de la luzerne peut aussi être assurée par un champignon pathogène, *Zoophthora phythomyi*. Allié à des épisodes de pluie et de forte humidité durant les pics de populations de larves, ce champignon peut décimer rapidement les populations du ravageur. Les larves infectées s'enroulent autour des feuilles au sommet des plants, puis brunissent.

#### LÉGIONNAIRE UNIPONCTUÉE (*Pseudaletia unipuncta*)

La légionnaire uniponctuée figure parmi les principaux ennemis des cultures fourragères. Pour en savoir plus, voir p. 219.

#### CICADELLE DE LA POMME DE TERRE

##### (*Empoasca fabae*)

##### luzerne, haricots secs comestibles

**Description :** La cicadelle adulte est un insecte ailé, vert pâle, au corps cunéiforme, d'environ 3 mm de long, qui possède des pièces buccales de type perceur-suceur (planche 94, p. 294). Les adultes ont la tête plus large. Leur corps s'affine graduellement en allant vers le bout des ailes. Le derrière de la tête est ponctué de six taches blanches rondes. Les nymphes n'ont pas d'ailes et sont plus petites que les adultes.

**Cycle biologique :** La cicadelle de la pomme de terre n'hiverné pas en Ontario. Elle migre vers le nord chaque printemps, portée par les masses d'air venant du golfe du Mexique. Les adultes peuvent arriver à la fin du printemps et se nourrissent d'abord de la sève des plants. Les femelles pondent leurs œufs dans le tissu des nervures principales et des pétioles des feuilles. Le passage d'œuf à adulte prend environ quatre semaines.

**Dommages dans la luzerne :** Les plantules et les jeunes repousses sont les plus vulnérables aux dommages. Ceux-ci sont causés tant par les nymphes que les adultes qui sucent la sève des feuilles et y injectent des protéines qui obstruent les vaisseaux. À son tour, le pourtour des feuilles jaunit et développe des cloques. Ce symptôme se manifestant sous forme de « V » jaune commençant à l'extrémité des feuilles. Lorsque la situation est grave, les feuilles semblent roussies, ce qu'on appelle « brûlure de la cicadelle » (planche 95, p. 294). Les dommages causés par l'alimentation de la cicadelle de la pomme de terre compromettent l'élongation des tiges, nuisent à la croissance des racines et provoquent l'enroulement des feuilles et le rabougrissement du plant. Une infestation grave peut entraîner jusqu'à 50 % de pertes de rendement et une réduction de 2-3 % de la teneur en protéines des fourrages. Le manque de vigueur du peuplement ralentit la repousse après une coupe, ce qui expose davantage la culture à la destruction par l'hiver. Les rangs périmétriques sont habituellement les premiers touchés. Les symptômes de la cicadelle de la pomme de terre sont souvent confondus avec des problèmes occasionnés par les herbicides et des carences nutritives. La plupart des dommages surviennent entre juin et la mi-août. Les principaux facteurs de risque sont les saisons chaudes plus sèches que la normale. Les symptômes sont parfois confondus avec des carences nutritives ou des dommages causés par les herbicides et sont souvent attribués aussi à la sécheresse.

**Dommages dans les haricots secs comestibles :** La cicadelle s'alimente en perçant les tissus des végétaux et en en suçant la sève. En réaction, les feuilles s'enroulent et développent des cloques. Tôt ou tard, le pourtour des feuilles devient roussi. Ces symptômes sont appelés « brûlure de la cicadelle ». Les rangs périmétriques sont les premiers touchés. Comme les pertes de rendements sont manifestes avant même que la brûlure de la cicadelle ne soit observable, il ne faut pas se fier à la présence de la brûlure de la cicadelle pour intervenir. Les cicadelles ont tendance à s'attaquer aux champs de soya et de haricots comestibles une fois que les champs de luzerne ont été fauchés. Les symptômes de la cicadelle de la pomme de terre sont souvent confondus avec des problèmes occasionnés par des herbicides, des carences nutritives



**Tableau 13-5.** Seuils d'intervention contre la cicadelle de la pomme de terre dans la luzerne et les haricots secs comestibles

Seuils d'intervention		Haricots secs comestibles	
Luzerne		Stade de croissance des haricots	Seuil / feuille trifoliée <sup>2</sup>
Hauteur des tiges <sup>3</sup>	Nombre de cicadelles par balayage <sup>1</sup>		
9 cm (3 ½ po)	0,2 adulte	feuille unifoliée	0,25
15 cm (6 po)	0,5 adulte	2 <sup>e</sup> feuille trifoliée	0,5
25 cm (10 po)	1,0 adulte ou nymphe	4 <sup>e</sup> feuille trifoliée	1,0
36 cm (14 po)	2,0 adultes ou nymphes	1 <sup>re</sup> floraison	2,0

<sup>1</sup> Un balayage du filet fauchoir s'entend du mouvement consistant à décrire un arc de 180°.

<sup>2</sup> Adultes et nymphes.

<sup>3</sup> Plus la luzerne est haute, plus on peut tolérer de cicadelles avant d'intervenir.

et un stress hydrique. Les principaux facteurs de risque sont les saisons chaudes plus sèches que la normale.

**Technique de dépistage dans la luzerne :** Voir *Utilisation des filets fauchoirs*, p. 177, pour un exposé sur l'utilisation des filets fauchoirs lors des opérations de dépistage.

Comme des pertes économiques surviennent avant même l'apparition des symptômes, il est important de déceler les fortes infestations de cicadelles avant qu'il ne soit trop tard. Aussi, est-il particulièrement avisé de surveiller les nouveaux semis.

Le dépistage à l'aide du filet fauchoir est utile pour déterminer s'il y a lieu de devancer la récolte ou de procéder à une pulvérisation. Faire un dépistage tous les cinq à sept jours, en commençant après la première coupe. À partir de la fin juin, faire vingt balayages à l'aide d'un filet fauchoir en cinq points du champ. Éviter les rangs périmétriques. Calculer la moyenne de cicadelles dans le filet après vingt balayages. Ensuite, prendre vingt tiges de luzerne au hasard et en mesurer leur hauteur moyenne.

#### Techniques de dépistage dans les haricots secs comestibles :

Parcourir le champ le long de deux diagonales qui se croisent en leur centre. Ramasser dix feuilles trifoliées, déployées en totalité ou en partie au milieu du feuillage à dix endroits dans le champ. Il est important de noter que les cicadelles de la pomme de terre adultes sont prestes à s'envoler quand elles sont dérangées, ce qui complique leur dénombrement sur des feuilles coupées. Appliquer un insecticide foliaire si l'infestation approche du seuil d'intervention. Se fier pour le déterminer au nombre de nymphes dénombrées et au nombre d'adultes observés dans le feuillage.

#### Stratégies de lutte dans la luzerne :

- Voir le tableau 13-5, *Seuil d'interventions contre la cicadelle de la pomme de terre dans la luzerne et les haricots secs comestibles*, sur cette page.

- Il existe des cultivars résistants dont la pubescence agit comme facteur de résistance. Ces poils, tant sur les feuilles que sur les tiges, empêchent la cicadelle de se nourrir. Les poils glandulaires ne sont pas entièrement exprimés la première année.
- Traiter les nouveaux semis de cultivars résistants à la cicadelle de la pomme de terre comme s'il s'agissait d'un cultivar de luzerne ordinaire.
- Avant de décider de la pertinence d'utiliser un cultivar résistants, tenir compte des niveaux d'infestation types (ceux-ci étant plus élevés dans les comtés bordant le lac Érié), du coût du dépistage, des coûts associés aux insecticides et à leur pulvérisation, du supplément payé pour des cultivars résistants et des caractéristiques du cultivar au chapitre notamment du rendement et de la résistance aux maladies.
- Faucher la luzerne tôt dans la saison peut contribuer à réduire le nombre d'œufs, de nymphes et d'adultes. De plus, il existe un champignon pathogène à l'état naturel qui permet de réduire les populations de cicadelles de la pomme de terre lorsque le temps est frais et humide.
- Les prédateurs et parasites semblent pour leur part jouer un rôle mineur dans la diminution des populations de cet insecte. Si les populations dépassent les seuils d'intervention, il vaudrait peut-être mieux appliquer un insecticide.
- La pulvérisation d'insecticides sur la luzerne tue aussi les insectes utiles, les ennemis naturels de la cicadelle de la pomme de terre, du charançon postiche de la luzerne et de la punaise terne.

#### Stratégies de lutte dans les haricots secs comestibles :

- Voir le tableau 13-5, *Seuil d'interventions contre la cicadelle de la pomme de terre dans la luzerne et les haricots secs comestibles*, sur cette page.
- Des recherches menées à la Station de recherche de Huron de l'Université de Guelph montrent que les traitements des semences à l'aide d'insecticides sont efficaces pendant au moins quatre à six semaines suivant les semis, ce qui rend superflue au moins une application d'un insecticide foliaire.
- Envisager de traiter les semences à l'aide d'un insecticide si elles sont destinées à des champs qui ont déjà souffert d'infestations par la cicadelle, de manière à réduire le nombre de traitements foliaires nécessaires.
- Recourir aux insecticides foliaires si les seuils d'intervention sont atteints. De plus, il existe un champignon pathogène à l'état naturel qui permet de réduire les populations de cicadelles de la pomme de terre lorsque le temps est frais et humide. Les prédateurs et parasites semblent pour leur part jouer un rôle mineur dans la maîtrise de cet insecte. Si une pulvérisation s'impose durant la floraison, la faire en soirée, un moment où les abeilles sont moins actives, et aviser les apiculteurs locaux afin qu'ils puissent protéger leurs ruches. Utiliser en alternance des produits appartenant à différents groupes chimiques afin de réduire le risque d'apparition de résistances.

#### HESPÉRIE DES GRAMINÉES (*Thymelicus lineola*)

**Description :** L'hespérie des graminées est un ravageur sporadique de la fléole, qu'elle soit cultivée pour le foin ou pour la semence. Normalement, on trouve les larves enroulées à l'intérieur des feuilles dont elles se nourrissent. Les jeunes



Tableau 13-6. Symptômes d'infestations dans les champs de céréales

Symptôme	Ravageur possible									
	Asticots (hanneton européen, hanneton commun)	Ver fil-de-fer	Mouche de Hesse	Puceron des céréales	Limace	Criocère des céréales	Légionnaire uniponctué	Mouche des tiges du blé	Pyrale du maïs	Cèpe du blé Légionnaire d'automne
Peuplement clairsemé.	x	x			x					
Semence vidée.					x					
Plants rabougris ou qui versent au stade du remplissage des grains. Plants d'une teinte parfois bleu-vert. Blé d'automne principalement.			x							
Plaques bronzées dans le champ.				x						
<b>Dommages sur les feuilles</b>										
Egratignures parallèles aux nervures.						x				
Feuilles déchirées, comme par la grêle.					x					
Trous aux pourtours déchiquetés dans les feuilles.							x			x
<b>Problèmes touchant tige et épi</b>										
Tige cassant facilement aux nœuds, entre-nœuds courts.			x							
Plants se cassant et versant à partir de la base, galeries creusées dans la tige et les nœuds. Épis non blanchis. Présence d'une larve dans la tige à environ 2,5 cm (1 po) de la base du plant.										x
Épi blanchi. Chenille trouvée dans la tige. Est de l'Ontario surtout.									x	
Tige facile à arracher du plant. Épi blanchi tandis que le reste du plant est encore vert. Piètre remplissage des grains. Asticot parfois visible à l'intérieur de la tige au sommet du plant.								x		
Épi coupé.							x			

larves ont une tête noire qui devient graduellement brune. À leur plein développement, les larves, vert pâle, mesurent environ 2,5 cm ( $\frac{1}{2}$  po) de long et ont la tête brune et deux rayures pâles. L'adulte est un papillon citrouille de 2,5 cm d'envergure qui se déplace d'un champ de foin à l'autre à la mi-été.

**Cycle biologique :** Les œufs hivernent sur les tiges de résidus de culture et de mauvaises herbes et éclosent au printemps. Les jeunes larves s'enroulent dans les feuilles, qu'elles ferment grâce à un tissu soyeux. Elles se nourrissent de fléole jusqu'à la fin juin. Ensuite, les larves s'attachent aux tiges de graminées ou au revers des feuilles de mauvaises herbes et se transforment en chrysalides (le stade nymphal du papillon). Environ deux semaines après, les adultes sortent. On compte une seule génération de cet insecte par année.

**Dommages :** L'alimentation des larves fait en sorte que le bord des feuilles est déchiqueté de façon irrégulière. Une infestation grave peut entraîner une défoliation. Lorsqu'elles sont très nombreuses, les larves se nourrissent également du sommet des plants, ne laissant que les tiges. Les adultes s'alimentent du nectar des fleurs et des mauvaises herbes et ne causent pas beaucoup de dégâts.

**Technique de dépistage :** Commencer à chercher des larves à la fin avril. Au hasard, prélever cinq échantillons de fourrage sur une surface de 30 cm sur 30 cm (1 pi<sup>2</sup>) au niveau du sol et les

placer dans un sac avec les résidus de culture. Fermer le sac et le laisser jusqu'au lendemain matin à la température ambiante. Les chenilles sortiront des résidus; il sera facile de les compter.

**Seuil d'intervention :** Six larves (stade tête brune) sur une surface de 30 cm sur 30 cm (1 pi<sup>2</sup>).

**Stratégies de lutte :** Pour connaître les insecticides recommandés, consulter la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.

## Ravageurs des céréales

Le tableau 13-6, *Symptômes d'infestations dans les champs de céréales*, sur cette page, indique à quels ravageurs peuvent être attribués les symptômes décrits.

Cette section décrit les ravageurs qui ne s'attaquent qu'aux cultures de céréales. Les ravageurs suivants peuvent également s'attaquer à d'autres cultures :

Hanneton européen . . . . .	p. 195
Légionnaire d'automne . . . . .	p. 206
Hanneton commun . . . . .	p. 196
Limace . . . . .	p. 199
Ver fil-de-fer . . . . .	p. 198

**Complexe des pucerons des céréales :****PUCERON DU MERISIER À GRAPPES***(Rhopalosiphum padi)***PUCERON DES ÉPIS DE CÉRÉALES***(Sitobion avenae)***PUCERON VERT DU MAÏS***(Rhopalosiphum maidis)*

**Description :** Le puceron du merisier à grappes est le puceron qu'on rencontre le plus communément dans les céréales en Ontario. D'une longueur d'au plus 2 mm ( $\frac{1}{2}$  po), ce puceron est tout petit. L'adulte est vert olive foncé, avec des taches rouge orangé vers l'arrière de l'abdomen entre les tubes pairs appelés « cornicules » (planche 96, p. 294). Les cornicules et les pattes sont vert pâle et les antennes sont longues et noires. Les pucerons plus jeunes sont vert pâle.

Le puceron des épis de céréales est en général le plus répandu des trois espèces. Il est vert pâle ou orangé clair et possède de longues pattes qui peuvent paraître vertes ou noires. Il possède aussi de longues antennes et des cornicules.

Le puceron vert du maïs est lui aussi vert olive, mais ses pattes, cornicules et antennes sont noires et son corps est de forme plutôt rectangulaire, tandis que celui du puceron du merisier à grappes est plutôt piriforme. Comme tous les pucerons, les individus des trois espèces ont le corps mou, sont ailés ou non, et ont des pièces buccales de type perceur-suceur qui sucent les sucs (les éléments nutritifs) contenus dans les tissus jeunes. Les pucerons sécrètent une substance collante appelée « miellat », qui peut se couvrir de fumagine.

**Cycle biologique :** Les pucerons qui envahissent les céréales hivernent en Ontario, particulièrement les hivers doux marqués par une épaisse couverture de neige. Les champs ensemencés à la fin de l'été ou au début de l'automne (août/septembre) sont ceux qui risquent le plus de souffrir d'infestations à l'automne.

**Dommages :** En Ontario, ces pucerons sont rarement directement responsables de dommages. Ils s'agglutinent sur le dessus des feuilles près de la base des jeunes plants. Tôt ou tard, ils atteignent le sommet des plants. On les trouve alors dans les verticilles. De fortes populations peuvent donner au champ une coloration bronzée. Ces pucerons sont des vecteurs du virus de la jaunisse nanisante de l'orge. Voir sous *Jaunisse nanisante de l'orge*, p. 247.

**Technique de dépistage :** Le dépistage des pucerons qui envahissent les céréales est important à l'automne, car une infection en début de saison par le virus de la jaunisse nanisante de l'orge peut être désastreuse. Au printemps, parcourir le champ chaque semaine avant l'épiaison. Examiner vingt tiges en cinq points du champ. Secouer les plants au-dessus d'une feuille de papier et dénombrer les pucerons présents ou rechercher des colonies spécifiquement à la collerette. Noter également s'il y a des prédateurs présents et si les pucerons sont parasités ou infectés par un champignon.

**Seuils d'intervention :** De 12 à 15 pucerons par tige avant l'épiaison, et jusqu'à 50 pucerons par épi par la suite.

**Stratégies de lutte :**

- Faire une pulvérisation dès que les seuils d'intervention sont atteints. Afin de prévenir toute infection par le virus de la jaunisse nanisante de l'orge dans les céréales d'automne, éviter de faire les semis plus que dix jours avant la date de semis optimale pour la région indiquée dans la figure 4-4, *Dates de semis optimales du blé d'automne en Ontario*, p. 93.
- La destruction de la repousse de blé deux ou trois semaines avant les semis peut contribuer à réduire les populations de pucerons aux abords des cultures de céréales.
- Les pucerons sont dévorés par plusieurs ennemis naturels, notamment les larves et adultes des coccinelles et les larves à la fois des syrphes et des chrysopes. Les ennemis naturels clés comptent aussi des guêpes parasites qui peuvent décimer des populations de pucerons avant qu'un traitement ne soit nécessaire.

**MOUCHE DE HESSE (*Mayetiola destructor*)**

**Description :** Au stade adulte, la mouche de Hesse ressemble à un petit moustique. Elle est gris foncé et frêle. Son abdomen est pointu et d'un rouge terne. Les adultes volent mal et ne vivent que trois jours. Les larves sont des asticots de 2 mm ( $\frac{1}{2}$  po) de long, dépourvus de pattes. Les pupes sont d'un brun tirant sur le rouge, ont la forme de graines de lin et peuvent être observées à la base des plants à la fin de l'automne et au début du printemps.

**Cycle biologique :** On compte deux générations par année. La mouche de Hesse hiverne dans une coque de nymphe qui ressemble à une graine de lin à la base du feuillage des vieux plants. Les adultes émergent au printemps. La pluie déclenche leur apparition. Les femelles pondent leurs longs œufs rougeâtres en rangées qui rappellent une chaîne de saucisses à la face supérieure des feuilles des jeunes plants de blé d'automne ou de blé spontané. Les larves se développent et se nourrissent pendant environ trois semaines avant de former une coque de nymphe au milieu de juin. Une deuxième génération apparaît et l'insecte poursuit son cycle jusqu'à la fin septembre lorsqu'il forme une coque de nymphe qui lui fournira un abri pendant l'hiver.

**Dommages :** Bien que les dommages surviennent à la fois au printemps et à l'automne, c'est la population d'automne qui est le plus à craindre, surtout pour les cultures de blé d'automne. D'autres cultures céréalières, dont l'orge, l'avoine et le seigle, semblent tolérer davantage les pucerons, bien qu'elles en soient quand même parfois infestées.

**Dommages causés à l'automne :** Les cultures parties à l'automne peuvent paraître rabougries et prendre une teinte vert foncé. Sur les jeunes plants, les larves se nourrissent à l'intérieur de la gaine foliaire à la base du plant. Les enzymes qu'elles sécrètent dans le plant provoquent l'épaississement des tiges, le rabougrissement des plants et l'élargissement des feuilles. Les plants peuvent produire de multiples talles. Les plants infestés prennent une teinte d'un bleu-vert foncé. Leur survie à l'hiver est compromise.

**Dommages causés au printemps :** Les dommages causés au printemps par la première population se concentrent au niveau

des nœuds ou juste au-dessus, là où les larves se nourrissent. Les entre-nœuds ne s'allongent pas, ce qui nuit au transport des éléments vers l'épi. À la moindre traction, les riges cèdent au niveau des nœuds infestés. Les épis blanchissent parfois et les plants peuvent verser. Les champs les plus à risque sont ceux où poussent des cultivars sensibles de blé d'automne qui ont été semés tôt, alors que des vols d'adultes étaient encore observés.

**Technique de dépistage :** Au printemps, inspecter les champs au début du remplissage des épis. Rechercher des plants qui ont des entre-nœuds courts et des épis blancs. Tirer doucement sur leur tige pour voir si elle cède facilement à la hauteur d'un nœud. Rechercher des larves à l'intérieur de l'entre-nœud, là où la tige s'est cassée. À l'automne, commencer le dépistage trois semaines après la levée des plants de blé. Examiner vingt plants en cinq points du champ. Écarter les feuilles pour bien voir la naissance des feuilles sur la tige. Rechercher des coques de nymphose en forme de graines de lin afin de déterminer l'ampleur de l'infestation.

**Seuil d'intervention :** Aucun n'a été établi. La lutte repose sur la prévention.

#### Stratégies de lutte :

- Ici, la prévention est la clé.
- En retardant les semis de céréales d'automne jusqu'au moment où les vols de mouche de Hesse ont cessé, on s'assure que les plants ne lèveront pas avant que les adultes aient terminé les activités de ponte. Les champs ensencés en août et au début septembre sont les plus à risque. Voir *Dates de semis*, p. 92, pour connaître les dates de semis optimales par région.
- S'abstenir de cultiver du blé deux années d'affilée dans le même champ. Détruire le blé spontané et le chaume avant les semis.
- Il existe des cultivars résistants. On ne peut par contre compter sur aucun traitement de secours.

### CRIOCÈRE DES CÉRÉALES (*Oulema melanopus*)

**Description :** Le criocère des céréales adulte est un coléoptère bleu-vert métallique, d'environ 5 mm ( $\frac{1}{4}$  po) de long, à la tête et aux pattes orange rougeâtre (planche 98, p. 295). Les larves mesurent 6 mm ( $\frac{1}{4}$  po) de long à leur plein développement. Elles sont de couleur jaunâtre, mais cette teinte est obscurcie par une couche d'excréments noire qui leur donne l'aspect des limaces (planche 97, p. 295).

**Cycle biologique :** Les criocères des céréales hivernent au stade adulte dans les débris de feuilles situés dans des zones abritées comme les boisés et les épaisses couches de résidus de végétaux. Ces adultes émergent au début du printemps, après quoi les femelles fertilisées pondent leurs œufs dans les champs de blé, sur la face supérieure des feuilles. Les œufs éclosent donnant naissance à des larves dès le milieu de mai. Les larves entament ensuite la pupaison et, vers la mi-juin, les adultes émergent des pupes. Ces derniers se nourrissent brièvement de blé, puis envahissent les champs de maïs où ils se nourrissent pendant un court laps de temps avant d'entrer en dormance jusqu'à

l'automne. À l'automne, les adultes s'activent à nouveau et se dirigent vers les sites d'hivernation. On compte une seule génération de cet insecte par année.

**Dommages :** Les criocères des céréales se nourrissent de blé, d'avoine, de maïs, de fourrages et de graminées adventices. Les semis printaniers sont les plus attrayants, particulièrement les semis tardifs, bien que certaines cultures de blé d'automne puissent aussi être infestées au printemps. À la fois les adultes et les larves causent des dommages en dévorant de longues bandes de tissus entre les nervures des feuilles. Comme la couche superficielle de la feuille reste intacte, les dommages font penser à des « carreaux de fenêtre ». Le gros des dommages est causé par les larves en juin. Les champs lourdement endommagés semblent argentés.

**Technique de dépistage :** Commencer le dépistage à la fin avril. Examiner vingt plants en cinq points du champ. Il est important d'inspecter différentes parties du champ, puisque les criocères des céréales ont tendance à y être répartis inégalement. Consigner le nombre de criocères adultes et de larves trouvés sur chaque plant. Faire le dépistage tous les cinq jours, étant donné que les populations peuvent s'accroître considérablement en l'espace de quelques jours.

**Seuil d'intervention :** Un criocère des céréales au stade adulte ou larvaire par tige justifie une intervention, surtout dans les premiers stades de croissance de la culture (avant l'épiaison).

#### Stratégies de lutte :

- Les ennemis naturels maîtrisent très efficacement ce ravageur. Pour protéger ces ennemis naturels, aucun traitement chimique n'est recommandé tant que les populations ne dépassent pas le seuil d'intervention.
- Un labour propre augmente les risques d'infestation par ce ravageur, car il détruit les sites d'hivernation des ennemis naturels.

### LÉGIONNAIRE UNIPONCTUÉE

(*Pseudaletia unipuncta*)  
maïs, fourrages, céréales

**Description :** À son plein développement, la larve de la légionnaire uniponctuée mesure 4 cm ( $1\frac{1}{2}$  po) de long. Elle va du vert terne au brun et peut être facilement confondue avec d'autres chenilles, dont le ver-gris panaché et la légionnaire d'automne. La légionnaire uniponctuée possède deux traits distinctifs : des bandes latérales bordées de blanc longent le corps et des bandes diagonales sombres au haut de chaque fausse-patte abdominale (planche 69, p. 290). La tête est brun-jaune et est réticulée de lignes brun foncé. La légionnaire adulte est un papillon de nuit de couleur sable qui possède deux taches blanches caractéristiques au centre de chaque aile antérieure.

**Cycle biologique :** La légionnaire uniponctuée hiverne au stade de larve incomplète. Au début du printemps, les légionnaires uniponctuées adultes font leur apparition et préfèrent pondre leurs œufs dans les herbages, notamment dans les céréales,

les herbes fourragères et le seigle utilisé comme culture de couverture. Les larves éclosent et se nourrissent la nuit ou les jours couverts pendant approximativement un mois. On compte deux générations de ce ravageur par année, mais c'est la première génération qui a tendance à faire le plus de dégâts dans les cultures de maïs en Ontario. Les foyers d'infestation ont tendance à apparaître les années marquées par des printemps frais et pluvieux, des conditions difficiles pour les parasites qui normalement maîtrisent les légionnaires.

**Dommages :** Les larves de la légionnaire unipunctuée se nourrissent la nuit. La plupart des dommages dus à leur alimentation surviennent en juillet et touchent les céréales. La légionnaire unipunctuée ne s'en prend pas aux peuplements purs de luzerne, mais plutôt aux mélanges de luzerne et de graminées. Dans les champs de maïs soumis à des méthodes traditionnelles de travail du sol, les dommages surviennent habituellement d'abord dans les rangs périmétriques, tandis que dans les cultures de maïs en semis direct qui suivent des cultures de petites céréales ou de graminées, les dommages apparaissent un peu partout dans le champ. Ce ravageur envahit fréquemment les champs de maïs depuis des champs de céréales avoisinants. Les larves rongent le pourtour des feuilles, puis se déplacent vers le haut des plants pour se nourrir des panicules et des fleurs, ne laissant que les nervures principales. Tant que le point végétatif n'est pas endommagé, le plant de maïs peut se remettre d'une infestation modérée.

**Technique de dépistage :** Le meilleur moment pour inspecter les champs est à la brunante ou juste après. Examiner vingt plants en cinq points du champ (cent plants au total). Le jour, on peut trouver les larves dans le verticille, à l'aisselle des feuilles, parmi les débris de culture qui jonchent le sol ou sous des mottes de terre. On peut également trouver des excréments bruns, qui sont souvent confondus avec des œufs, dans le verticille ou sur le sol près du plant. Pendant l'observation sur le terrain, rechercher la présence d'œufs sur le dos des larves. Ces petits œufs, ovales et jaunâtres sont habituellement situés juste derrière la tête de la larve. Ces œufs ont été pondus par des mouches parasites. Quand les œufs éclosent, les larves tuent les larves de légionnaires. Noter la taille et le nombre de larves. Lorsque le champ est bordé de champs de céréales ou de maïs, faire le dépistage sur le pourtour du champ pour y détruire les larves qui proviennent de ces champs et se dirigent vers la culture avant qu'elles ne l'envahissent.

**Seuil d'intervention dans le maïs et les céréales :** Dans le maïs passé le stade 6 feuilles et dans les céréales à tout stade, si 50 % des plants présentent des signes de dommages et sont infestés par des larves de moins de 2,5 cm (1 po) de longueur, un traitement insecticide peut être justifié.

Tant que le point végétatif du plant n'est pas endommagé, le plant de maïs peut habituellement se remettre de dommages modérés. Lorsque les dommages surviennent en début de saison, l'application d'un traitement insecticide sur les plantules peut être justifiée s'il y a au moins deux larves non parasitées par plantule et si plus de 10 % des plants sont atteints.

**Seuil d'intervention dans les fourrages :** Une intervention est justifiée à partir du moment où, dans un carré de 30 cm de côté (1 pi<sup>2</sup>), on compte au moins cinq larves de moins de 2,5 cm de long. Éviter tout traitement insecticide en présence d'un grand nombre de larves parasitées. Dans les cultures au stade de plantules, la présence, dans un carré de 30 cm de côté, de deux ou trois larves de moins de 2,5 cm de long peut justifier une intervention.

#### Stratégies de lutte :

- Si les larves ont plus de 2,5 cm (1 po) de long, il n'y a aucun avantage à appliquer un insecticide puisque le gros des dommages est déjà fait.
- Il est possible de restreindre le traitement aux zones infestées. Si les légionnaires migrent depuis des champs de maïs ou de céréales adjacents, il peut être suffisant de pulvériser l'insecticide sur le pourtour du champ.
- Des parasites et d'autres organismes utiles réussissent habituellement à maintenir les populations de légionnaires sous le seuil de nuisibilité, sauf les printemps frais et pluvieux qui nuisent à ces parasites. Éviter tout traitement insecticide si beaucoup de larves sont parasitées.
- Étant donné que le maïs envahi de mauvaises herbes de type graminées attire les légionnaires adultes en vue de la ponte des œufs, il faut débarrasser le champ et ses pourtours des mauvaises herbes. Cependant, la lutte contre les graminées adventices n'est peut-être pas une bonne solution tard dans la saison, car les larves sont alors enclines à délaisser les graminées adventices alors mortes pour migrer vers la culture.

### LÉGIONNAIRE D'AUTOMNE (*Spodoptera frugiperda*)

La légionnaire d'automne figure parmi les principaux ennemis des fourrages. Pour de l'information sur cet insecte, voir p. 206.

### Ravageurs des haricots secs comestibles

Le tableau 13-7, *Symptômes d'infestations dans les champs de haricots secs comestibles*, page en regard, indique à quels ravageurs peuvent être attribués les symptômes décrits.

Cette section décrit les ravageurs qui ne s'attaquent qu'aux cultures de haricots secs comestibles. Les ravageurs suivants peuvent également s'attaquer à d'autres cultures :

Chrysomèle du haricot. ....	p. 210
Cicadelle de la pomme de terre. ....	p. 215
Mouche des légumineuses ....	p. 199
Ver-gris occidental du haricot. ....	p. 205
Ver fil-de-fer ....	p. 198

### CICADELLE DE LA POMME DE TERRE (*Empoasca fabae*)

La cicadelle de la pomme de terre figure parmi les principaux ennemis des haricots secs comestibles. Pour de l'information sur ce ravageur, voir la p. 215.



Tableau 13-7. Symptômes d'infestations dans les champs de haricots secs comestibles

Symptôme	Ravageurs									
	Ver fil-de-fer	Mouche des légumineuses	Limace	Cicadelle de la pomme de terre	Coccinelle mexicaine des haricots	Chrysomèle du haricot	Ver-gris occidental du haricot	Punaise terne		
<b>Trouées dans le peuplement :</b> Galeries dans le cotylédon, l'embryon ou l'hypocotyle.	x	x	x <sup>1</sup>							
<b>Trous dans les feuilles</b>										
Trous aux contours déchiquetés (font penser aux dommages causés par la grêle).			x							
Feuilles dont il ne reste que les nervures.					x					
Trous ronds dans les feuilles.						x				
<b>Feuilles déformées ou décolorées</b>										
Pourtour des feuilles jaune ou roussi, feuilles cloquées.				x						
Mort des fleurs ou chute des jeunes gousses.										x
<b>Insectes se nourrissant des gousses ou des graines</b>										
Trous ou cicatrices à la surface des gousses.						x				
Trou d'entrée dans les gousses, trous dans les graines à l'intérieur des gousses.							x			
Taches dures et foncées sur les gousses et les graines, graines semblant piquées ou présentant des dépressions.									x	

<sup>1</sup>Traces visibles laissées par les limaces.

### Insectes défoliateurs

Des recherches menées au campus de Ridgetown de l'Université de Guelph indiquent qu'avant la floraison, les haricots sont à même de tolérer jusqu'à 50 % de pertes foliaires et connaissent des pertes finales minimales. La défoliation complète avant la floraison a retardé la maturité de trente jours. Une légère défoliation n'a pas retardé la maturité. À des stades plus avancés, l'influence de la défoliation est plus grande. Les pertes totales varient selon les conditions de croissance et la capacité du plant à se remettre. La perte de plus du tiers des feuilles durant la floraison ou le remplissage des gousses peut réduire considérablement le rendement. Voir la figure 13-3, *Pertes de rendement en fonction de la défoliation des petits haricots ronds blancs*, page suivante.

Utiliser la figure 13-2, *Défoliation du soya due aux insectes défoliateurs*, p. 210, comme guide pour déterminer si le seuil d'intervention a été atteint.

### CHRYSMÈLE DU HARICOT (*Certoma trifurcata*)

La chrysomèle du haricot figure parmi les principaux ennemis des haricots secs comestibles. Pour de l'information sur cet insecte, voir la p. 210.

### COCCINELLE MEXICAINE DES HARICOTS (*Epilachna varivestis*)

**Description :** La coccinelle mexicaine des haricots est l'unique représentante de la famille des coccinelles en Ontario qui soit phytophage. Toutes les autres coccinelles sont des insectes prédateurs utiles. Au stade adulte, cette coccinelle est de forme ovale, mesure environ 6 mm (¼ po) de longueur et présente seize points noirs sur le dos, lequel est de couleur rouge cuivré, ce qui la fait ressembler à la coccinelle de nos jardins (planche 99, p. 295). Par contre, la coccinelle mexicaine des

haricots a la tête du même rouge cuivré que le dos, tandis que la tête de notre coccinelle de jardins est normalement noire et blanche.

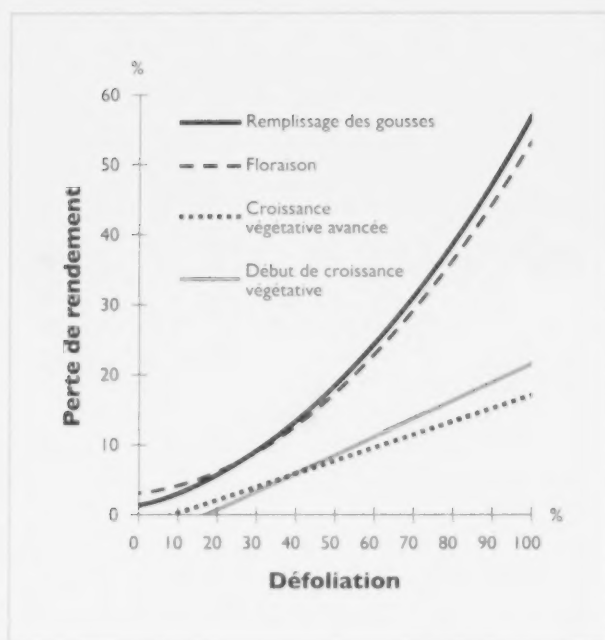
Les adultes foncent avec l'âge et passent à un brun orangé. Les larves sont jaunes et pourvues de six rangées de longues épines branchues aux pointes noires le long du dos.

**Cycle biologique :** Ce ravageur hiberne au stade adulte dans les bordures enherbées des champs et dans les boisés. Les adultes émergent en mai et commencent à se nourrir des jeunes plants de haricots. Ils pondent les œufs sur la face inférieure des feuilles de haricot. Les larves éclosent et commencent à s'alimenter par grappes. En vieillissant, les larves se dispersent davantage. Les larves continuent à se nourrir du feuillage pendant environ un mois avant de s'attacher au plant et d'amorcer leur pupaison. Les adultes émergent environ deux semaines plus tard. On compte une ou deux générations par an.

**Dommages :** La coccinelle mexicaine des haricots est moins problématique les étés très chauds et secs. Les cultivateurs hâtifs subissent très peu de dommages, sinon aucun. À la fois l'adulte et la larve se nourrissent des feuilles, des fleurs et des gousses, mais ce sont les feuilles qui subissent la part la plus importante des dégâts, ceux-ci étant attribuables aux larves. Les premiers symptômes sont de gros trous. À mesure que le temps passe, la feuille entière est dévorée, à l'exception des nervures. Les dommages sont habituellement localisés.

**Technique de dépistage :** Examiner dix plants en cinq points du champ. Surveiller les rangées périphériques. En se guidant sur la figure 13-2, *Défoliation du soya due aux insectes défoliateurs*, p. 210, déterminer le pourcentage de défoliation subie par la culture.





**Figure 13-3.** Pertes de rendement en fonction de la défoliation des petits haricots ronds blancs

Source : Schaafsma et Ablett, 1994.

**Seuil d'intervention :** On n'enregistre pas de pertes de rendement considérables tant que le taux de défoliation n'atteint pas 35 % avant la floraison et 15 % après la floraison. Si les plants sur le pourtour du champ semblent infestés par la coccinelle mexicaine des haricots, la pulvérisation de ces zones peut être nécessaire.

**Stratégies de lutte :** Selon le moment où la coccinelle mexicaine envahit le champ, l'utilisation de semences traitées avec un insecticide peut offrir une certaine protection contre les dommages causés en début de saison. Le recours aux insecticides foliaires n'est recommandé que si les seuils d'intervention établis en fonction des populations et des dommages sont atteints, puisque les insecticides tuent également les ennemis naturels. Il est également judicieux de combattre les mauvaises herbes en bordure des champs et des rangées d'arbres ou d'arbustes, afin d'exposer les adultes dans leur site d'hivernation. Plusieurs ennemis naturels s'attaquent à ce ravageur et le maintiennent sous les seuils de nuisibilité économique.

### VER-GRIS OCCIDENTAL DU HARICOT (*Striacosta albicosta*)

Le ver-gris occidental du haricot figure parmi les principaux ennemis des haricots secs comestibles. Pour de l'information sur ce ravageur, voir la p. 205.

### PUNAISE TERNE (*Lygus lineolaris*) haricots secs comestibles, canola, tournesol

**Description :** Les adultes de la punaise terne ont environ 5 mm ( $\frac{1}{8}$  po) de longueur, sont tachetés de brun jaunâtre à rougeâtre et portent sur leur dos une petite figure en forme de triangle

(planche 100, p. 295). Le stade nymphal, très différent de l'adulte, peut être confondu avec le puceron, bien que les nymphes ne possèdent pas les cornicules de ce dernier. Les nymphes sont de couleur vert jaunâtre et n'ont pas d'ailles ni de triangle distinctif sur le dos. En vieillissant, les nymphes acquièrent quatre petits points noirs sur le thorax et un sur l'abdomen.

**Cycle biologique :** La punaise terne est polyphage, mais affiche une préférence pour le canola et les haricots secs comestibles après la récolte de la luzerne. Elle hiverne sous forme adulte en se réfugiant sous des amas de feuilles mortes ou des débris végétaux dans les champs ou les boisés de ferme, près des haies-clôtures et sur les berges des fossés. Dès que les températures se réchauffent au printemps, l'adulte se déplace vers d'autres cultures pour se nourrir et y pondre ses œufs. On compte plusieurs générations dans le cours d'un été. Ce sont généralement les générations les plus tardives qui envahissent les cultures de haricots, une fois que les autres cultures ne peuvent plus les nourrir. Les populations de punaises ternes ont tendance à gonfler lors des étés chauds et secs.

**Dommages :** Les stades les plus nuisibles sont les stades adultes et les derniers stades nymphaux. La punaise terne est dotée de pièces buccales de type perceur-suceur qui lui permettent de percer l'épiderme des plantes et d'y injecter une substance salivaire qui détruit une partie du tissu végétal. Lorsqu'elle s'attaque aux fleurs, la punaise terne peut provoquer l'échec de la floraison. Au stade de la formation des gousses, les piqûres de la punaise auront pour effet de laisser des marques, des malformations, des creux ou des trous à la surface de celles-ci. De la sève peut s'échapper des trous percés par la punaise, augmentant le risque de pathologies des gousses. L'insecte peut aussi percer des trous directement dans les graines, provoquant l'apparition de piqûres, ce qui réduit la qualité des graines. Dans les cultures de tournesol, l'activité alimentaire de la punaise peut provoquer l'apparition de points bruns sur les graines.

**Technique de dépistage :** Inspecter les champs une fois par semaine au tout début des stades de la formation et du remplissage des gousses. Une fois que les champs de luzerne voisins ont été fauchés, intensifier la surveillance en faisant vingt balayages (chacun décrivant un arc de 180°) à cinq endroits différents du champ. Déterminer le nombre moyen de nymphes et d'adultes capturés par balayage du filet. Les punaises ternes ont une préférence pour les amarantes en fleurs; on surveillera donc l'éclosion de ces fleurs qui devrait annoncer l'arrivée prochaine des punaises autour et à l'intérieur des champs. Les rangs périmétriques étant susceptibles d'héberger des populations plus denses de punaises, on ne manquera pas d'y faire des prélèvements avec le filet fauchoir.

#### Seuil d'intervention dans les haricots secs comestibles :

L'utilisation d'insecticides peut se justifier si on recueille en moyenne une ou deux punaises par balayage du filet aux stades de la formation des gousses.

#### Seuil d'intervention dans le canola :

Aucun seuil d'intervention n'a été validé pour l'Ontario. Ailleurs, on recommande toutefois de pulvériser un insecticide dès qu'on

Tableau 13-8. Symptômes d'infestations dans les champs de canola

Symptôme	Ravageurs						
	Limace	Altises	Charançon de la graine du chou	Cécidomyie du chou-fleur	Fausse-teigne des crucifères	Punaise terne	
Peuplement clairsemé, particulièrement par plaques. Plantules dévorées au niveau du sol ou sous terre. Cotylédons et feuilles mâchouillés.	x	x					
<b>Feuilles endommagées ou difformes</b>							
Petits trous sur les feuilles. Flétrissement ou rabougrissement des plants.		x					
Plants difformes sans montaison ni floraison. Sur les plants qui montent à graines, présence d'un bouquet de gousses à l'emplacement des lésions.				x			
Fenêtres ou cicatrices laissées par le creusage de galeries sur les feuilles de jeunes plants. Défoliation des plants plus avancés lorsque l'infestation est forte. Présence éventuelle de petites larves vertes.					x		
<b>Insectes se nourrissant des gousses et des graines</b>							
Trou d'entrée dans les gousses. Graines dévorées. Gousses parfois difformes.			x				
Surface des gousses portant de petites perforations ou cicatrices, surtout les années chaudes et sèches.		x					
Petites lésions sur les gousses d'où suinte de la sève. Semences parfois rapetissées ou ratatinées. Jeunes gousses parfois blanchies.							x

recueille deux punaises ternes par balayage du filet après le stade de la chute des pétales, mais avant la maturité des gousses.

**Seuil d'intervention dans le tournesol :** La découverte d'un seul adulte ou d'une seule nymphe dans un bouquet regroupant neuf têtes de tournesol, avant la floraison ou au moment de celle-ci, justifie une intervention dans les cultures de tournesol de confiserie.

#### Stratégies de lutte :

- Plusieurs espèces de guêpes parasites contribuent à maîtriser les punaises ternes. C'est pourquoi il faut réserver l'utilisation des insecticides foliaires aux seuls cas où le seuil d'intervention a été dépassé, les produits insecticides étant très nuisibles à ces parasitoïdes.
- Les pulvérisations doivent se faire très tard le soir ou tôt le matin, à un moment où peu d'abeilles parcourent les champs. Communiquer au moins vingt-quatre heures à l'avance avec les apiculteurs locaux pour leur donner le temps de déplacer leurs ruches.
- Combattre les mauvaises herbes, notamment l'amarante, dans les cultures parce qu'ils attirent les punaises ternes.

### Ravageurs du canola

Le tableau 13-8, *Symptômes d'infestations dans les champs de canola*, sur cette page, indique à quels ravageurs peuvent être attribués les symptômes décrits.

Cette section décrit les ravageurs qui ne s'attaquent qu'aux cultures de canola. Les ravageurs suivants peuvent également s'attaquer à d'autres cultures :

Limace ..... p. 199  
Punaise terne ..... p. 222

#### ALTISE DES CRUCIFÈRES (*Phyllotreta cruciferae*)

##### ALTISE RAYÉE (*Phyllotreta striolata*)

**Description :** Deux espèces d'altises s'attaquent aux cultures de canola : l'altise rayée, aussi appelée altise des navets, qui mesure environ 1,5 mm ( $\frac{1}{50}$  po) de long et possède deux bandes de couleur crème sur le dos; et l'altise des crucifères, qui mesure aussi 1,5 mm ( $\frac{1}{50}$  po) de long et qui est bleu-noir, sans toutefois être rayée (planche 101, p. 295). Les altises sautent lorsqu'elles sont dérangées. Les larves sont blanches, mesurent environ 3 mm ( $\frac{1}{8}$  po) de long et ont la tête brunâtre.

**Cycle biologique :** L'altise au stade adulte hiverne dans des zones abritées tels les boisés sous les couches de feuilles mortes. Au début de mai, les adultes émergent et commencent à se nourrir de plantules de canola nouvellement levées. L'alimentation des altises s'intensifie sous des températures chaudes et ensoleillées. La ponte des œufs se fait soit sur le sol, soit dans le sol entre mai et la fin juin. Les jeunes larves éclosent et se nourrissent des racines de la culture en croissance. Les larves causent des dommages à la culture pendant environ un mois, de juin à la fin juillet. Les larves se transforment alors en pupes, d'où des adultes émergent au début août pour ensuite se nourrir de canola jusqu'à la fin octobre. Les altises cherchent alors des endroits où passer l'hiver à l'abri. On compte une seule génération de cet insecte par année.

**Dommages :** Les adultes autant que les larves se nourrissent de canola. Cependant, on considère que ce sont les altises au stade adulte qui causent des dommages. Les dommages les plus graves se font au cours des trois semaines qui suivent la levée. La population d'adultes du printemps se nourrit des feuilles des plantules qu'elle crible de « trous de balle ». Tôt ou tard, les feuilles et les plants se flétrissent et meurent. Les peuplements s'éclaircissent et les plants deviennent rabougris. On signale des pertes allant jusqu'à 50 % de la récolte au cours de fortes infestations. Lorsque la culture atteint le stade 3-4 feuilles,

elle peut supporter les dommages. L'alimentation de la population d'adultes de fin de saison ne pose habituellement pas de problèmes sauf en ce qui concerne le canola d'automne. Le temps chaud et sec favorise ce ravageur. Les adultes envahissent les champs de canola de printemps les jours chauds et secs et se nourrissent à la surface des gousses, ce qui nuit au développement des graines et augmente le nombre de gousses qui s'égrènent.

**Technique de dépistage :** Aux deux jours, faire le dépistage dans les champs de canola fraîchement levé, tout spécialement le long des rangs périmétriques, pour surveiller la migration des adultes ayant hiverné dans les haies-clôtures et les boisés. Inspecter dix plants à cinq endroits différents du champ afin de déterminer les dommages causés par les altises et le pourcentage approximatif de défoliation. Surveiller le champ attentivement : rechercher la présence de petits trous d'épingle sur les feuilles, jusqu'à ce que les plants aient dépassé le stade 4 feuilles.

**Seuil d'intervention :** Si elles bénéficient de bonnes conditions de croissance, les plantules de canola peuvent supporter jusqu'à 25 % de défoliation au stade cotylédon sans subir de perte de rendement significative. Une fois que les plants ont atteint le stade 3-4 feuilles, ils sont généralement établis et peuvent neutraliser les dommages subis. Aucun seuil d'a été établi pour les sévices infligés aux gousses en fin de saison par les adultes de la seconde génération. Une pulvérisation n'est recommandée que lorsque les adultes pullulent et que la sécheresse empêche la culture de se remettre des dommages infligés aux gousses.

**Stratégies de lutte :** Au moment des semis, un traitement des semences à l'aide d'un insecticide est nécessaire afin de maîtriser les altises, car il est difficile d'en prévoir la densité de population. Un traitement foliaire peut se révéler nécessaire si l'activité des adultes se poursuit et que les seuils d'intervention sont atteints une fois que les traitements des semences ne sont plus efficaces. Les insecticides utilisés pour le traitement des semences ne maîtrisent pas tous les altises pendant la même durée, de sorte qu'il faut combiner certains produits à un insecticide granulaire de manière à assurer une protection plus prolongée. S'il y a des dommages isolés sur les pourtours du champ, des traitements localisés peuvent être effectués. Le canola est une culture fourragère que les abeilles aiment butiner. Éviter d'appliquer des insecticides pendant la floraison. L'arrachage des crucifères adventices telles que les moutardes, sisymbres et vélars sur les pourtours du champ enlève des sources de nourriture de remplacement.

## CHARANÇON DE LA GRAINE DU CHOU (*Ceutorhynchus obstrictus*)

**Description :** Le charançon de la graine du chou (CGC) adulte est un insecte de couleur cendré à noir qui mesure environ 4 mm ( $\frac{1}{4}$  po) de longueur. Comme tous les charançons, il est doté d'un rostre qui ressemble à une trompe d'éléphant (planche 102, p. 295). Les larves de l'insecte sont blanches, en forme de « C » et sans pattes. On ne les trouve qu'à l'intérieur des gousses.

**Cycle biologique :** On compte deux générations de charançons par année. Au printemps, le charançon adulte émerge après un hiver passé dans divers endroits protégés, tels que bandes boisées, amas de feuilles mortes, haies-clôtures et berges des fossés. Il se nourrit alors des plants de canola et d'autres cultures-hôtes, dont la repousse spontanée de moutarde et de canola. Après l'accouplement, la femelle pond ses œufs — généralement un par gousse — directement dans la gousse. Les larves éclosent environ une semaine plus tard (selon la température extérieure). Chacune peut dévorer de 3 à 5 graines au cours de son développement. Parvenue à maturité, la larve creuse un trou pour sortir, se laisse tomber par terre et se transforme en pupe dans le sol. L'insecte adulte émerge dix jours plus tard et se nourrit de plantes crucifères jusqu'à ce qu'il soit temps pour lui de trouver un site d'hivernation. Le cycle de vie entier de l'insecte se déroule sur six à huit semaines. Parmi les plantes-hôtes, mentionnons la famille des Brassicaceae (moutarde), c'est-à-dire le canola, le brocoli et le chou-fleur, ainsi que les crucifères adventices, comme la moutarde sauvage, la sagesse-des-chirurgiens et le tabouret des champs.

**Dommages :** Le charançon de la graine du chou constitue une réelle menace pour le canola d'automne, en plus de nuire au canola de printemps semé tôt dans l'année. Les adultes qui ont hiverné envahissent le plant à peu près à l'époque de la floraison; ils peuvent se nourrir des boutons floraux, ce qui fera éclater ces derniers. Les adultes qui émergent en été peuvent aussi endommager le plant en s'attaquant directement aux gousses vertes des semis plus tardifs. Les dommages causés par les larves se nourrissant des gousses peuvent entraîner des pertes de rendement de 35 %. Ces pertes découlent surtout de l'activité alimentaire des larves, soit de façon directe lorsqu'elles mangent les graines, soit de façon indirecte lorsqu'elles provoquent la chute prématurée des gousses ou qu'elles exposent les graines à divers agents pathogènes qui pénètrent par les trous qu'elles laissent derrière elles. Le brunissement des graines a aussi été lié à l'activité du charançon. Les champs de canola de printemps semblent moins attirants pour l'insecte, à moins qu'il ne s'agisse des seuls champs de canola accessibles aux adultes dans la région. Les cultures les plus exposées comprennent notamment les premiers champs de canola d'automne qui lèvent dans une zone donnée, de même que les semis printaniers de canola qui suivent un hiver doux.

**Technique de dépistage :** Le dépistage doit surtout viser les populations adultes. Utiliser un filet fauchoir pour capturer les insectes; à partir de l'échantillon, évaluer le niveau d'infestation du champ. Il faut commencer le dépistage lorsque les plants arrivent au stade de la formation des boutons et le poursuivre jusqu'après la floraison. Faire dix balayages du filet (chacun décrivant un arc de 180 °) à dix endroits différents du champ et calculer ensuite le nombre moyen de charançons adultes recueillis par balayage du filet.

**Seuil d'intervention :** Aucun seuil d'intervention n'a été établi pour l'Ontario. Toutefois, les risques de déprédation du canola d'automne par le charançon sont tels qu'il est recommandé de tenir celui-ci à distance par l'application d'insecticides foliaires

aussi longtemps que des insectes adultes sont actifs dans les champs. Pour le canola de printemps, il n'est pas nécessaire de prendre ces précautions, à moins que les opérations de dépistage effectuées dans des champs semés très tôt ne donnent déjà de 2 à 4 insectes par balayage du filet.

**Stratégies de lutte :** Les recherches effectuées en Ontario par des biologistes de l'Université de Guelph et du MAAARO montrent l'importance d'une lutte efficace contre le CGC dans les champs de canola d'automne dès le début de la floraison. Si les moyens financiers de l'exploitant le limitent à une seule application d'insecticide, le meilleur moment pour le faire sera à la mi-floraison, soit de sept à dix jours après l'apparition dans les champs des premières fleurs. La solution la plus efficace réside dans une double application d'insecticide, la première au tout début de la floraison et la deuxième de sept à dix jours plus tard. Les recherches n'ont révélé aucun avantage réel à pulvériser un insecticide dans les champs de canola de printemps, à moins qu'ils n'aient été ensemencés très tôt et que les seuils d'intervention pour le canola n'aient été atteints. Avant d'entreprendre un traitement, s'assurer que les insectes adultes continuent de s'alimenter à même les plants. Les pulvérisations doivent se faire très tard le soir ou tôt le matin, à un moment où peu d'abeilles butinent la culture. Communiquer au moins vingt-quatre heures à l'avance avec les apiculteurs locaux pour leur donner le temps de déplacer leurs ruches. À noter que les chercheurs ont constaté qu'une guêpe parasite contribuait efficacement à la lutte contre les CGC, mais que les insecticides utilisés contre les CGC leur étaient également préjudiciables. Un dernier volet de la stratégie portera sur la lutte contre les mauvaises herbes de la famille des crucifères (soit la moutarde sauvage et le tabouret des champs) et les pousses spontanées de canola, qui peuvent servir d'hôtes aux CGC.

## CÉCIDOMYIE DU CHOU-FLEUR

(*Contarinia nasturtii*)

**Description :** La cécidomyie du chou-fleur (CDC) adulte est une très petite mouche de couleur brun pâle. Elle mesure de 1,5 à 2 mm ( $\frac{1}{16}$  po) et est très difficile à distinguer des autres espèces de cécidomyies qui lui sont apparentées. Les larves se présentent sous forme de petits vers ou asticots (de 0,3 à 3 mm à maturité), de couleur blanc cassé à jaune, qui se rassemblent au point végétatif des plantes.

**Cycle biologique :** On sait maintenant que ce ravageur est présent partout en Ontario et qu'il se trouve aussi dans d'autres États et provinces. En Ontario, quatre générations de l'insecte se chevauchent dans le cours d'une saison, de la mi-mai à octobre. La CDC hiverne dans le sol sous forme de pré-pupe. La plupart des adultes émergent entre la mi-mai et le début juin. Après l'accouplement, la femelle pond ses œufs sur une plante-hôte, généralement en amas de 2 à 50 unités, sur les parties des plants les plus jeunes et à la croissance la plus rapide. Une fois parvenues à maturité, les larves tombent au sol et se transforment en pupes. Les pupes peuvent rester enfouies dans le sol jusqu'à deux ans avant d'en sortir sous forme d'adultes. C'est la pluie qui fait sortir les pupes de leur état de dormance. Les adultes volent difficilement et se laissent porter par le vent.

Le matériel agricole peut, par ses déplacements, contribuer à disséminer les pupes aux alentours.

**Dommages :** Seul le canola de printemps peut souffrir des attaques de ce ravageur, sa présence sur le canola d'automne à l'automne n'ayant aucun effet sur le rendement des cultures. Les dommages subis par le canola de printemps dépendent largement de la date des semis (qui détermine le stade de développement des plants au moment de l'infestation), de la rotation des cultures et de la gravité de l'infestation. Les champs de canola de printemps ensemencés tardivement sont les plus à risque. Si les cultures sont envahies très tôt, les plants de canola peuvent devenir extrêmement rabougris et déformés, les enzymes contenues dans la salive de la larve altérant le tissu végétal. Sur les jeunes plants avant le stade de la montaison, les larves se nourrissent des points végétatifs, provoquant des déformations (planches 103–105, p. 296). La montaison n'a pas lieu, le plant reste rabougré et produit peu ou pas de racèmes, sans lesquels la formation des fleurs et des gousses est impossible. Si le plant a dépassé le stade de la montaison au moment où l'insecte pénètre dans ses tissus, les conséquences seront habituellement moindres. Certains racèmes peuvent se déformer et des gousses pourront se développer sous forme de grappe ou de bouquet unique, tout en produisant des graines, donc un rendement. Les champs de canola d'automne échappent en grande partie aux dommages subis par les cultures printanières et d'été parce qu'ils ont atteint un stade de développement plus avancé que le canola de printemps.

**Technique de dépistage :** L'installation de pièges à phéromones permettra de suivre les mouvements des CDC adultes. La présence d'insectes adultes dans les pièges indique en effet quand surviennent les premiers vols et quand les activités de ponte devraient commencer. Sur un plant comportant des lésions, faire une entaille au point de végétation, à l'endroit où se trouve la déformation — généralement, dans des bouquets non déployés de bourgeons floraux —, et rechercher de petits asticots en train de s'alimenter à même les tissus végétaux. Ce sera la confirmation que le dommage est causé par la CDC et non par un herbicide ou des carences nutritives.

**Seuil d'intervention :** Aucun seuil d'intervention n'a été fixé jusqu'ici. La lutte aux CDC se fait surtout par le recours à diverses méthodes culturales.

**Stratégies de lutte :** La rotation des cultures et un choix judicieux du moment des semis sont les moyens les plus efficaces de lutter contre les CDC. Ensemencer les champs de canola de printemps au plus tard dans la première semaine de juin. S'il n'est pas possible de faire les semis avant cette date, envisager de choisir une autre culture qui n'attire pas ce ravageur. Dans des champs ayant déjà souffert d'infestations par la CDC (y compris les champs voisins situés à 1 km à la ronde), l'exclusion du canola et d'autres cultures crucifères pendant au moins deux ans pourra contribuer à réduire les populations de CDC, étant donné leur peu d'aptitude au vol. Si ces méthodes sont inapplicables dans des champs ayant des antécédents d'infestations par la CDC, appliquer un insecticide foliaire au stade du bouton, juste avant



l'élongation des tiges, pour protéger les plants d'éventuels dommages et permettre la montaison. Il faut aussi combattre les crucifères adventices qui pourraient servir d'hôtes de remplacement aux insectes, notamment les moutardes, sisymbres et vélars, le tabouret des champs et les repousses spontanées de canola. Nettoyer soigneusement le matériel agricole utilisé dans les champs envahis par la CDC et de travailler en dernier lieu les champs infestés, de façon à réduire le risque de propager l'insecte dans des champs épargnés.

### FAUSSE-TEIGNE DES CRUCIFÈRES (*Plutella xylostella*)

**Description :** Au stade adulte, l'insecte est une petite noctuelle de couleur gris pâle tirant sur le brun qui mesure environ 1 cm ( $\frac{1}{2}$  po) de long (planche 106, p. 296). On peut facilement l'identifier grâce aux taches blanches en forme de losange qui ornent son dos et qu'on peut voir lorsque ses ailes sont au repos. Les larves sont de vert pâle à vert jaunâtre, ont la tête brune et mesurent environ 8 mm ( $\frac{1}{2}$  po) de long (planche 107, p. 296). Les larves reculent en se tortillant lorsqu'elles sont dérangées ou se laissent tomber de la feuille, retenues par un fil.

**Cycle biologique :** Les fausses-teignes des crucifères n'hivernent pas en Ontario, mais sont portées au début mai par des masses d'air provenant du Sud. Elles donnent trois ou quatre générations par année en Ontario. Au stade adulte, l'insecte pond ses œufs sur des crucifères adventices telles que les moutardes, sisymbres et vélars, ainsi que sur le canola spontané. Les larves éclosent en quelques jours et créent des galeries dans le limbe des feuilles. Au fur et à mesure de leur développement, les larves se nourrissent des tissus externes des feuilles. Les larves tissent des cocons pour effectuer leur pupaison. Deux semaines plus tard, les adultes émergent des pupes.

**Dommages :** Les principaux dommages sont causés par les larves de la deuxième génération, à la période de floraison des plants et au début de la croissance des gousses. Les jeunes larves se nourrissent des tissus internes sur le revers des feuilles où elles creusent de petites galeries. Lorsqu'elles sont en grand nombre, les larves plus vieilles se nourrissent des fleurs et de la surface des jeunes gousses. Les gousses endommagées ne se remplissent pas convenablement. De fortes infestations donneront l'impression que la culture est blanche.

**Technique de dépistage :** Durant la saison de croissance, examiner deux fois par semaine dix plants en cinq points du champ. Arracher délicatement les plants ayant des feuilles perforées comme par des balles, les secouer au-dessus d'une feuille de papier, puis compter les larves.

**Seuil d'intervention :** Le seuil d'intervention est atteint lorsqu'on dénombre de 200 à 300 larves/m<sup>2</sup> (environ 2 ou 3 larves par plant) au stade de la formation des gousses. Si une infestation printanière survient très tôt dans un champ de canola semé tardivement et que les larves se nourrissent de boutons en développement, une intervention pourrait se révéler nécessaire. Au début de la floraison, le seuil d'intervention est plus bas et un traitement est recommandé quand on dénombre 100–150 larves/m<sup>2</sup> (1 ou 2 larves par plant).

### Stratégies de lutte :

- On peut se procurer sur le marché des traitements de secours quand les populations atteignent les seuils d'intervention.
- Le canola est une culture fourragère que les abeilles aiment butiner. Éviter d'appliquer des insecticides pendant la floraison.
- On peut utiliser des pièges à la phéromone pour faire le dépistage des populations adultes de fausses-teignes des crucifères et être ainsi alerté en cas d'infestation.
- Éliminer toute repousse de canola ainsi que les crucifères adventices, qui sont la première source de nourriture pour la génération du printemps.
- Des températures fraîches et du temps pluvieux restreignent le vol des fausses-teignes des crucifères. Souvent, les femelles adultes meurent avant d'avoir pondu leurs œufs.
- Du temps humide consécutif à une pluie favorise la propagation d'un champignon qui tue les larves. Plusieurs guêpes prédatrices et parasites contribuent également à maîtriser ce ravageur.

### PUNAISE TERNE (*Lygus lineolaris*)

La punaise terne figure parmi les principaux ennemis du canola. Pour de l'information sur cet insecte, voir la p. 222.

### Ravageurs du tournesol

Un petit nombre d'insectes nuisibles s'attaquent aux champs de tournesol en Ontario. Ces ravageurs peuvent nuire au rendement et à la qualité des cultures de tournesol de confiserie.

### CHRYSMÈLE DU TOURNESOL

#### (*Zygogramma exclamationis*)

La chrysmèle du tournesol ressemble, en plus petit, au doryphore de la pomme de terre. Elle mesure environ 8 mm ( $\frac{1}{2}$  po) de longueur et possède une tête de couleur brun rougeâtre, des couvertures alaires de couleur crème et des ailes ornées de quatre bandes brun chocolat sur toute leur longueur, la quatrième bande sur la bordure extérieure ayant la forme d'un point d'exclamation. Les larves sont de couleur vert jaunâtre, possèdent un dos bossu et une capsule céphalique brune. La larve et l'adulte se nourrissent de feuilles et peuvent être particulièrement dommageables aux plantules. Les champs enssemencés tôt sont les plus à risque. Pour le dépistage, examiner vingt plants à cinq endroits différents du champ, en évitant les pourtours du champ. Des mesures de lutte seront justifiées si l'examen révèle la présence d'un ou de deux insectes adultes par plant au stade plantule ou une défoliation de l'ordre de 25 % et que les adultes ou les larves continuent de se nourrir des feuilles. Un semis tardif peut contribuer à prévenir les infestations futures.

### PUNAISE TERNE (*Lygus lineolaris*)

La punaise terne figure parmi les principaux ennemis des tournesols. Pour de l'information sur cet insecte, voir la p. 222.







# I 4. Maladies des grandes cultures

Un grand nombre d'agents pathogènes sont responsables des principales maladies des grandes cultures présentes en Ontario. Leur maîtrise constitue une composante importante de tout système de production de grandes cultures. Le dépistage et une bonne identification des maladies sont indispensables à la mise en place de mesures de lutte efficaces. Les descriptions suivantes aideront les producteurs à identifier les maladies des grandes cultures et à les distinguer les unes des autres. Pour de l'information sur les traitements recommandés contre les insectes, les organismes nuisibles et les maladies ainsi que sur les méthodes de lutte intégrée, consulter la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*, le document d'accompagnement de la présente publication, accessible sur le site du MAAARO, [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

## Généralités sur les pourritures des semences et maladies des plantules

**Incidence :** Des conditions de croissance fraîches ou pluvieuses qui retardent la germination des semences ou la croissance des plantules peuvent mener à la pourriture des semences en début de saison, à la fonte des semis et/ou à la pourriture des racines. Un peuplement clairsemé, une levée non uniforme, des trous ou des plants manquants sont des signes évidents d'infections des semences ou des plantules. De nombreux champignons peuvent être à l'origine de ces maladies; certains infectent de multiples cultures, d'autres sont spécifiques à une culture en particulier.

Les agents pathogènes sont difficiles à combattre parce qu'ils parviennent à survivre dans de nombreux types de sol. Selon l'année et les conditions du champ, leurs répercussions sont de mineures à graves (obligation de reprendre les semis). Les zones basses ou mal drainées du champ sont souvent les premières où les problèmes de maladies apparaissent. Les pourritures des semences et la fonte des semis peuvent sévir davantage dans les champs en semis direct ou dans les champs soumis à un travail réduit du sol, du fait que les épaisses couches de résidus qu'on y trouve maintiennent le sol plus frais et plus humide que dans les sols soumis à une méthode traditionnelle de travail du sol. La fonte des semis survient lorsque la culture est partie tôt dans des conditions propices à l'éclosion de la maladie ou lorsque les conditions environnementales font en sorte que la semence reste dans le sol pendant un laps de temps assez long. D'autres facteurs qui retardent la germination et la levée, notamment le compactage du sol, son encreûtement ou des semis profonds peuvent également donner un peuplement clairsemé. Il est important de faire la distinction entre les maladies des plantules et d'éventuels problèmes liés aux insectes, aux herbicides et au compactage du sol.

**Aspect :** Il peut être difficile de reconnaître les agents pathogènes en cause, car les symptômes ne sont pas toujours clairement identifiables. Les pourritures des semences sont des maladies qui attaquent les semences avant ou peu après

la germination, et qui provoquent la pourriture et la mort des semences. Les semences les plus sensibles aux pourritures sont celles dont la vigueur au départ est faible ou qui ont été endommagées. Les conditions qui prédisposent les cultures à ces infections comprennent des conditions de sol fraîches (10–13 °C) et pluvieuses pendant une période prolongée après les semis. Les plantules qui mettent longtemps à lever sont les plus vulnérables aux infections fongiques.

Les maladies des plantules se divisent en deux groupes, selon qu'elles surviennent avant ou après la levée. En prélevée, elles affectent les jeunes plantules avant qu'elles ne sortent de terre. Les plantules atteintes peuvent mourir ou croître plus lentement que les plantules saines, ce qui donne des peuplements qui présentent des trous ou manquent d'uniformité. Des plantules levées peuvent donc être atteintes. Les maladies des plantules en postlevée (ou « fonte des semis ») s'attaquent aux racines ou à la partie inférieure des jeunes plantules de la levée au stade 2 ou 3 feuilles. Les symptômes comprennent retard de croissance, flétrissement, dépérissement et/ou mort du plant. Dans la plupart des cas, la fonte des semis cause un ceinturage ou un pincement de la tige des plantules à la surface du sol ou tout près de celle-ci.

Les organismes responsables des pourritures des racines infectent le système racinaire des plantules, y compris les radicules et les poils absorbants. Les plants atteints peuvent être rabougris, présenter une couleur altérée ou manquer de vigueur. Les plantules gravement atteintes peuvent mourir. Les plants malades sont parfois plus sensibles aux pourritures de la tige plus tard dans la saison.

**Cycle biologique :** Pour plus de détails, voir la section consacrée à la culture en particulier.

**Stratégies de lutte :** L'utilisation de semences ayant un bon taux de germination et une bonne vigueur au départ réduit substantiellement les risques de pourritures des semences et de maladies des plantules. Jeter les semences qui sont fendillées ou qui ont été endommagées pendant la récolte ou la manutention, car elles sont les plus vulnérables aux infections. Les pratiques de nature à hâter la germination, notamment celles qui réduisent au minimum le compactage du sol, qui drainent le sol pour le débarrasser de l'excès d'humidité et qui éliminent l'excès de résidus de culture peuvent également réduire la gravité des infections.

Les traitements des semences à l'aide de fongicides offrent une certaine protection aux plantules vulnérables. Il est recommandé de traiter toute la semence à l'aide d'un fongicide afin de réduire au minimum les problèmes de maladies qui se manifestent en début de saison, avant ou après la levée. En moyenne, un traitement fongicide procure jusqu'à deux semaines de protection. Aucune stratégie ne saurait remplacer des semis faits au bon moment dans un bon lit de semences.

## Maladies du maïs

### Maladies des plantules de maïs

#### POURRITURES DES SEMENCES, MALADIES DES PLANTULES ET POURRITURE DES RACINES

**Incidence et stratégies de lutte :** Voir *Généralités sur les pourritures des semences et maladies des plantules*, page précédente.

**Cycle biologique :** Dans les cultures de maïs, le plus souvent, les agents pathogènes en cause sont *Pythium*, *Fusarium*, *Gibberella*, *Trichoderma* et *Penicillium*, mais il peut aussi s'agir d'autres champignons, notamment *Diplodia* et *Rhizoctonia*. Les semences, plantules et racines infectées par *Pythium* sont le plus souvent molles (mouillées) et de couleur sombre comparativement aux racines infectées par *Fusarium*, *Gibberella*, *Diplodia* et *Rhizoctonia*, qui sont fermes ou ont l'aspect du cuir. La plupart du temps, la couleur des racines fournit une bonne indication de l'organisme ou des organismes présents :

- un blanc grisâtre correspond à *Diplodia*;
- une couleur allant du chamois au rose, à *Fusarium* ou à *Gibberella*;
- une couleur allant du rougeâtre au brun, à *Rhizoctonia*;
- un bleu-vert, à *Penicillium* ou à *Trichoderma*.

*Pythium*, *Fusarium*, *Gibberella*, *Diplodia*, *Rhizoctonia*, *Penicillium* et *Trichoderma* vivent et prospèrent tous dans le sol. Dans presque tous les cas, ces organismes peuvent infecter d'autres cultures que le maïs. À l'exception de *Pythium*, tous ces organismes peuvent vivre sur la semence de maïs ou à l'intérieur de celle-ci.

### Maladies foliaires du maïs

#### ANTHRACNOSE (*Colletotrichum graminicola*)

**Incidence :** L'antracnose peut devenir grave les années chaudes et pluvieuses. Elle est souvent la première maladie foliaire du maïs à apparaître. Elle se manifeste d'abord sur les feuilles inférieures et monte le long du plant. Les symptômes disparaissent souvent au fur et à mesure que le plant de maïs amorce sa phase de croissance rapide. Le champignon responsable de l'antracnose provoque non seulement une brûlure des feuilles, mais aussi une pourriture de la tige (voir *Antracnose* sous *Pourritures de la tige*, p. 231). Noter où les symptômes de l'antracnose se sont manifestés sur le feuillage au début de la saison et retourner dans ces zones quelques semaines avant la récolte, afin de faire le dépistage de la forme de l'antracnose se manifestant par une pourriture de la tige. Les systèmes de travail du sol qui laissent une épaisse couche de résidus de végétaux infectés par l'antracnose à la surface du sol peuvent aggraver la maladie et en augmenter l'incidence.

**Aspect :** L'antracnose s'attaque à la fois aux feuilles et aux tiges. Les principaux symptômes sont des taches sur les feuilles, le dépérissement du sommet du plant et la pourriture de la tige. Les taches sur les feuilles sont ovales, mesurent jusqu'à 15 mm (¾ po) de long, ont un centre couleur chamois et un contour brun rougeâtre (planche 108, p. 296). Les lésions isolées peuvent se joindre, formant ainsi des stries le long du pourtour de la feuille ou de la nervure principale. Il est fréquent que les tissus entourant les zones infectées jaunissent. On peut alors

voir à la loupe de petites taches noires au centre des lésions. Un examen plus attentif révèle la présence de soies noires raides qui sortent de ces taches noires. La maladie se manifeste d'abord sur les feuilles du bas puis, plus tard, sur les feuilles supérieures. Le dépérissement du sommet du plant peut se produire tard dans la saison, à mesure que les feuilles atteintes flétrissent et meurent, donnant l'impression d'avoir été endommagées par le gel.

**Cycle biologique :** Les résidus sont un élément important dans la propagation de l'antracnose, étant donné que le champignon survit (hiverné) à l'état de mycélium ou de sclérote dans les résidus ou la semence de maïs. La pluie éclabousse les spores contenues dans les résidus de maïs sur les feuilles inférieures et la tige. Pour cette raison, la deuxième année de culture du maïs soumet davantage celui-ci aux infections par l'antracnose, surtout lorsque le temps est doux et pluvieux.

**Stratégies de lutte :** Le choix d'hybrides résistants à la forme foliaire de l'antracnose peut contribuer à tenir cette maladie en échec. Toutefois, la résistance à la pourriture de la tige causée par l'antracnose est distincte de la résistance à la forme foliaire de l'antracnose. La résistance des hybrides à la pourriture de la tige causée par l'antracnose ne garantit pas la résistance aux infections des feuilles en début de saison. Dans les champs de maïs travaillés selon des méthodes traditionnelles, l'enlèvement des résidus de maïs par le travail du sol diminue les risques d'infection, surtout lorsque le maïs suit le maïs. Dans les champs soumis au semis direct ou à des méthodes de travail réduit du sol, la rotation des cultures (c.-à-d. éviter de cultiver du maïs pendant deux années consécutives) et l'utilisation d'hybrides résistants sont les meilleurs moyens de combattre la forme foliaire de l'antracnose. Les applications de fongicides ne sont pas rentables dans les champs de maïs, étant donné qu'une seule application ne suffit pas à maîtriser la maladie. Toutefois, dans les champs de maïs de semence, les applications de fongicides peuvent valoir leur pesant d'or.

#### DESSÈCHEMENT (*Setosphaeria turcica*)

**Incidence :** Le dessèchement a déjà été l'une des maladies foliaires du maïs parmi les plus dévastatrices. L'utilisation d'hybrides résistants/tolérants limite maintenant les pertes de rendement attribuables à cette maladie dans les cultures commerciales de maïs. Toutefois, depuis quelques années, la maladie gagne du terrain, ce qui peut suggérer une diminution des niveaux de tolérance. Des pertes significatives continuent d'être enregistrées dans les cultures de maïs de semence là où sont semées des lignées extrêmement sensibles.

**Aspect :** La maladie se manifeste par de longues stries elliptiques de 2 à 15 cm (1 à 6 po), vert grisâtre ou chamois. Les lésions apparaissent le plus souvent sur les feuilles inférieures (planche 109, p. 297). Au fur et à mesure que la maladie progresse, les lésions peuvent se fondre et former de grosses zones brûlées. Il arrive que des feuilles entières soient brûlées (planche 110, p. 297). Les pertes les plus graves occasionnées par le dessèchement surviennent lorsque les feuilles au-dessus des épis sont atteintes au moment de la pollinisation ou peu après. La maladie est souvent confondue avec la maladie de Stewart (voir *Maladie de Stewart*, page en regard).

**Cycle biologique :** Le champignon survit dans les résidus de maïs sous forme soit de spores, soit de filaments mycéliens (mycélium). Les spores du champignon se propagent par le vent ou les éclaboussures d'eau depuis les résidus à la surface du sol aux plants de maïs en croissance. Les plants qui deviennent infectés constituent une source d'infections secondaires qui peuvent se propager à d'autres champs. La propagation de la maladie est favorisée par des températures douces (18–27 °C) et des périodes prolongées de temps humide ou pluvieux.

**Stratégies de lutte :** Il existe différentes races de l'agent pathogène responsable du dessèchement. La plupart des hybrides commerciaux de maïs possèdent une résistance ou une tolérance aux races les plus communes. Une augmentation de l'incidence des symptômes du dessèchement dans une région pourrait être une indication de l'apparition d'une nouvelle race et doit de ce fait être signalée. La rotation des cultures et le travail du sol réduisent les niveaux de l'inoculum dans les résidus qui jonchent le sol. Dans les systèmes de travail réduit du sol, la rotation et l'utilisation d'hybrides résistants sont une nécessité. L'emploi de fongicides foliaires n'est habituellement pas rentable dans les champs de maïs de grande culture, mais peut être justifié si l'on sème un hybride sensible et que la maladie apparaît tôt dans la saison.

#### KABATIELLOSE (*Aureobasidium zeae*)

**Incidence :** Même si la kabatiellose ne cause normalement que peu de dégâts dans le maïs, la maladie prend de l'ampleur en Ontario à mesure que se répand la pratique de laisser une couche plus épaisse de résidus de maïs dans le champ.

**Aspect :** La maladie produit des taches rondes ou ovales caractéristiques de 1–4 mm ( $\frac{1}{16}$ – $\frac{1}{8}$  po) de diamètre, qui ont un centre chamois ou brun et un pourtour brun ou violacé (planche 111, p. 297). Ces lésions sont entourées d'un halo jaune translucide visible quand la feuille est tenue face à une source lumineuse. Il arrive que la feuille paraisse brûlée lorsque ces lésions s'amalgament et s'étendent à une bonne partie des tissus de la feuille. La maladie peut être confondue avec des taches foliaires physiologiques non infectieuses ou avec des dommages causés par des insectes.

**Cycle biologique :** L'incidence de la maladie est plus grande là où se pratique la monoculture du maïs et dans les champs soumis à des méthodes de travail réduit du sol, étant donné que le champignon hiverne dans les résidus de maïs. L'évolution de la maladie est favorisée par du temps frais et pluvieux.

**Stratégies de lutte :** Le choix de cultivars résistants, la rotation des cultures et l'enfouissement propre des résidus de culture contribuent à réduire la gravité de la maladie, contre laquelle les fongicides foliaires sont rarement recommandés.

#### MALADIE DE STEWART (*Pantoea stewartii*)

**Incidence :** La maladie de Stewart sévit partout en Ontario, mais n'est préoccupante que dans le sud-ouest de la province. Les comtés d'Essex et de Kent, où se trouve la majorité des cultures de maïs de semence, ont tendance à être particulièrement touchés par cette maladie. Des hivers plus doux que la normale dans cette

région permettent aux altises du maïs, qui sont des vecteurs de la maladie de Stewart, de survivre en grand nombre.

**Aspect :** La maladie comporte deux phases distinctes : la phase du flétrissement et la phase tardive. La phase du flétrissement touche surtout les lignées de maïs de semence extrêmement sensibles et les hybrides de maïs sucré au début de la saison (de V2 à V4). Le premier signe perceptible de la maladie consiste en de longues stries jaunes qui s'étendent dans le sens de la longueur de la feuille (planche 112, p. 297). Ces stries deviennent éventuellement gorgées d'eau et finissent par céder la place à des lésions brunes de tissu mort. Les bactéries interrompent la circulation de l'eau et des éléments nutritifs dans la plante en obstruant son système vasculaire, ce qui provoque un flétrissement rapide et même la mort du plant. Comme la nouvelle pousse est touchée, le flétrissement et la mort des tissus progressent de haut en bas. Une coupe longitudinale révèle un point végétatif qui est pourri ou évidé et dont la couleur est altérée.

La phase tardive de la maladie, qui se manifeste par la brûlure des feuilles, survient souvent après la formation de la panicule mâle; c'est la phase la plus fréquente. Les symptômes comprennent des stries allant du vert pâle au jaune, aux pourtours irréguliers ou sinueux parallèlement aux nervures. Ces stries peuvent s'étendre sur toute la longueur de la feuille. Les feuilles infectées finissent par s'assécher et par brunir. Souvent, les marques laissées par l'alimentation des altises du maïs sont visibles à l'intérieur des lésions. La mort prématurée des feuilles peut abaisser les rendements et donner prise aux pourritures de la tige étant donné que des plants affaiblis y sont plus vulnérables.

**Cycle biologique :** La bactérie hiverne dans l'appareil digestif des altises du maïs au stade adulte, lesquelles se cachent pendant l'hiver dans des zones protégées (voir sous *Altise du maïs*, p. 201). Les hivers doux peuvent amener une augmentation des populations d'altises. Les adultes qui hivernent se nourrissent de maïs du stade plantule à celui de cornet et causent chez les cultivars sensibles le flétrissement de la tige qui entraîne la perte totale du plant. Cette situation se produit rarement chez les hybrides, mais à l'occasion chez les parents de maïs de semence sensible. La génération d'altises adultes qui suit émerge après la floraison femelle et provoque des symptômes de flétrissement des feuilles qui sont fréquemment observés chez de nombreux hybrides. La transmission de la maladie aux semences est rare. Le plus souvent, les infections tardives qui surviennent après l'apparition des soies sont associées à de fortes populations d'altises. Le maïs sucré est souvent plus sensible que le maïs de grande culture et peut servir de réservoir de bactéries. La maladie frappe souvent les meilleurs champs. Aussi, la fertilité semble-t-elle jouer un rôle. La vulnérabilité à la maladie augmente dans les champs où les concentrations d'azote et de phosphore sont élevées.

**Stratégies de lutte :** Comme le maïs de grande culture possède une bonne tolérance à la maladie de Stewart, il ne nécessite aucune mesure de lutte. Certaines lignées de maïs de semence y sont sensibles et sont cotées en fonction de leur tolérance à la maladie. La maîtrise de cette maladie passe par la lutte contre l'altise du maïs. Voir *Altise du maïs*, p. 201.



## TACHES GRISES (*Cercospora zeae-maydis*)

**Incidence :** La maladie des taches grises est une maladie destructrice qui a des répercussions économiques importantes et qui, depuis dix ans, prend de l'ampleur dans les États voisins des Grands Lacs. Elle peut entraîner de lourdes pertes par temps chaud, pluvieux et humide.

**Aspect :** Les symptômes apparaissent sur les feuilles inférieures peu après l'apparition de la panicule mâle. La maladie produit des lésions caractéristiques de forme rectangulaire, étroites, chamois clair et allongées, de 2-7 cm (1-3 po) de long. Ces lésions sont parallèles aux nervures des feuilles. Avec le temps, les lésions deviennent grises et se fondent, tuant ou brûlant des feuilles entières.

**Cycle biologique :** La maladie des taches grises sévit surtout lorsque le maïs suit le maïs dans les champs recouverts d'une couche épaisse de résidus de maïs. Le champignon survit sous forme de filaments mycéliens dans des résidus de maïs. Les spores produites sur les résidus sont dispersées par le vent et les éclaboussures d'eau. Le temps doux et humide favorise la sporulation et la propagation de la maladie.

**Stratégies de lutte :** La rotation des cultures et le travail du sol réduisent les niveaux d'inoculum dans les résidus à la surface du sol. Dans les systèmes de travail réduit du sol, la rotation des cultures et le choix d'hybrides résistants peuvent s'imposer. La lutte chimique n'est habituellement pas nécessaire, mais elle peut être justifiée dans les champs où ont été semés des hybrides très sensibles ou là où la maladie s'est manifestée tôt en début de saison.

## ROUILLE COMMUNE (*Puccinia sorghi*)

**Incidence :** Le champignon responsable de la rouille commune n'hiverne pas en Ontario. Il provient du maïs infecté du sud des États-Unis et du Mexique. Les spores sont poussées par le vent jusqu'en Ontario. Ces dernières années, la rouille n'a causé que des pertes économiques négligeables. Toutefois, il arrive certains printemps que des fronts orageux transportent les spores qui provoquent des infections en tout début de saison. La maladie est favorisée par une forte humidité et des températures fraîches le soir (14-18 °C), suivies de températures modérées le jour.

**Aspect :** La rouille commune se manifeste d'abord par l'apparition de taches ou de mouchetures jaunes sur les deux côtés des feuilles. Ces lésions se transforment en de petites pustules rouge brique qui font éclater la surface de la feuille (planche 113, p. 297). La couleur rouge brique est le résultat de la libération des spores provenant des lésions ovales ou allongées de 2-10 mm ( $\frac{1}{16}$ - $\frac{3}{16}$  po) de long. Tout autour de ces lésions, la feuille jaunit. Il se forme des zones où les tissus brunissent et meurent. Dans les cas graves, la feuille entière meurt. Les spores rouge brique noircissent au fur et à mesure qu'elles viennent à maturité, ce qui fait paraître les lésions et la surface des feuilles noires.

**Stratégies de lutte :** Comme la rouille commune ne survit pas en Ontario, les pratiques culturales comme le travail réduit du sol et la rotation des cultures n'influencent pas l'évolution de la maladie. Les hybrides de maïs commerciaux possèdent une

bonne tolérance à la maladie, mais bon nombre des lignées de maïs de semence et des hybrides de maïs sucré et de maïs de spécialité y sont très sensibles. Habituellement, le recours aux fongicides foliaires n'est pas nécessaire dans le maïs de grande culture, mais il peut être rentable chez les hybrides de maïs de spécialité, les lignées de maïs de semence ou les hybrides de maïs extrêmement sensibles.

## CHARBON COMMUN (*Ustilago zeae*) CHARBON DES INFLORESCENCES (*Sporisorium holci-sorghii*)

**Incidence :** En Ontario, le maïs peut être infecté par deux types de charbon, le charbon commun et le charbon des inflorescences. Le charbon commun est le plus fréquent. Dans les cas graves, plus de 25 % des plants de certains champs peuvent comporter des tumeurs caractéristiques.

**Aspect :** Le charbon commun hiverne dans le sol et dans les résidus de maïs. Les spores sont propagées par le vent et les éclaboussures d'eau. Tous les tissus aériens de la plante sont vulnérables, mais l'infection survient le plus souvent dans les zones où les tissus sont en croissance active. L'incidence du charbon commun augmente dans les champs où les plants ont été endommagés par la grêle, le gel, la sécheresse, les blessures mécaniques, la chute de la panicule mâle, les blessures par les herbicides, les insectes ou l'abrasion par le vent. De grandes quantités d'azote et de fumier favorisent cette maladie.

Des tumeurs grisâtres pouvant atteindre 10 cm (4 po) de diamètre se forment sur la tige, les épis et les panicules. Des tumeurs plus petites apparaissent souvent sur les feuilles (planche 114, p. 297). Les tumeurs sont au départ recouvertes d'une membrane blanche qui finit par éclater et par libérer des spores sous forme de poussière brun foncé ou noire. Des tumeurs dures et sèches se forment sur les feuilles. Les tumeurs du charbon remplacent les grains. Contrairement au charbon commun, le charbon des inflorescences se manifeste uniquement sur les épis et les panicules mâles (planche 115, p. 298).

**Cycle biologique :** Les spores qui s'échappent des tumeurs sont bien adaptées aux conditions de l'Ontario. Elles survivent dans le sol et les résidus de culture pendant de nombreuses années. Le printemps, ces spores germent pour produire de nouvelles spores qui infecteront les zones en croissance rapide ou les parties endommagées des plants. Les tumeurs qui se forment sont une source de spores qui infectent d'autres plants. La propagation de la maladie est favorisée par les averses de pluie, de forts taux d'humidité et des températures élevées conjuguées à des lésions sur les plants.

**Stratégies de lutte :** La plupart des hybrides de maïs commerciaux sont suffisamment résistants pour résister à de sérieuses épidémies. Toutefois, le charbon est présent à des degrés divers dans la plupart des champs et est encore très problématique dans bien des champs de maïs de semence. Le meilleur moyen de se prémunir contre le charbon est de minimiser les blessures mécaniques et les dommages causés par les herbicides, tout en maintenant un programme de fertilité équilibré. La rotation des

cultures et le travail du sol sont de peu de secours, étant donné que les spores peuvent survivre pendant longtemps dans le sol.

### Pourritures de la tige

**Incidence :** Ce sont des champignons qui sont responsables des pourritures de la tige. Les dommages qu'ils causent sont plus étendus si la culture est soumise à l'un ou l'autre des facteurs de stress suivants : périodes prolongées de conditions pluvieuses ou sèches, températures fraîches, temps couvert, présence de maladies foliaires (comme la rouille ou la maladie de Stewart), dommages aux feuilles et aux épis causés par la grêle, les oiseaux et le gel, pollinisation incomplète, déséquilibre nutritif, dommages causés par des insectes (notamment par la pyrale du maïs), fortes densités de peuplement, sensibilité de l'hybride et mauvaises conditions de sol.

La répartition et la prévalence des maladies responsables des pourritures de la tige et de l'épi varient d'une année à l'autre. Il reste que ces maladies sont présentes la plupart des années, même si leur incidence peut être faible. En Ontario, les dégâts attribuables aux pourritures de la tige sont essentiellement le fait de trois champignons : *Anthracnose*, *Gibberella* et *Fusarium*, mais peuvent aussi occasionnellement être attribuables aux champignons *Diplodia* et *Pythium*, comme le révèlent certaines observations faites en Ontario.

**Répercussions des pourritures de la tige :** Même si les divers champignons pathogènes provoquent des symptômes différents, ils produisent tous le même effet ultime sur le plant de maïs, à savoir de nuire au remplissage du grain et à l'intégrité des tiges, et d'accélérer la sénescence. Les champignons responsables des pourritures de la tige nuisent à la circulation des éléments nutritifs de trois façons :

- Les sucres produits par la photosynthèse ou les glucides qui se trouvent dans les racines et la tige sont redirigés vers le champignon plutôt que vers l'épi. Ces éléments nutritifs permettent au champignon de croître et de se propager.
- L'intégrité de la tige est compromise. Pour répondre aux besoins en éléments nutritifs à la fois de l'épi en croissance et des agents pathogènes, le plant de maïs commence à s'autodétruire en transportant les glucides solubles des racines et de la tige. Les problèmes surviennent lorsque le plant de maïs ne parvient plus à répondre aux besoins en éléments nutritifs de l'épi en formation. Il en résulte une tige plus faible (vulnérable à la verse), et une moins grande résistance aux champignons responsables des pourritures de la tige.
- Enfin, l'infection et la colonisation obstruent bon nombre des voies qui servent normalement à la circulation des éléments nutritifs. Les pertes de rendement (de l'ordre généralement de 10 à 20 %) découlent du mauvais remplissage des épis et des pertes à la récolte occasionnées par la verse.

### Stratégies générales de lutte contre les pourritures de la tige :

La lutte contre les pourritures de la tige passe par une réduction des facteurs de stress, notamment, par :

- le choix d'hybrides ayant une bonne résistance ou tolérance aux maladies foliaires et aux pourritures de la tige;

- la lutte contre des insectes comme la pyrale du maïs;
- une lutte efficace contre les mauvaises herbes;
- des densités de peuplement adéquates;
- un programme de fertilisation équilibré en N et en K;
- la rotation des cultures;
- le travail du sol.

### Dépistage des pourritures de la tige

Deux méthodes sont utilisées pour faire le dépistage des pourritures de la tige.

#### Le test de la pousse

1. Choisir au hasard 20 plants en cinq points différents du champ, soit un total de 100 plants.
2. Pousser la partie supérieure du plant de manière à l'écarter de 15 à 20 cm (6-8 po) de l'axe vertical.
3. Voir si le plant verse ou non.

#### Le test de la pincée

1. Choisir au hasard 20 plants en cinq points différents du champ, soit un total de 100 plants.
2. Enlever les feuilles inférieures et pincer la tige au-dessus des racines échassées.
3. Noter le nombre de tiges pourries.

Si 10-15 % des plants ont versé ou sont pourris, devancer la récolte. Les éventuels frais de séchage supplémentaires seront compensés par la plus grande facilité avec laquelle se fera la récolte et la moins grande quantité de maïs qui sera laissée dans le champ.

### ANTHRACNOSE (*Colletotrichum graminicola*)

**Aspect :** La pourriture de la tige causée par l'anthracnose est celle qui est la plus facile à identifier. Elle se manifeste par des plaques ou des stries étendues et brillantes de brun foncé à noir à la surface de la tige (planche 116, p. 298). Ces plaques luisantes dont la couleur est altérée sont souvent observées à la base de la tige. Le fait de couper la tige longitudinalement révèle un cœur pourri dont la couleur est altérée. Un autre symptôme qui est associé à cette maladie est le dépérissement du sommet du plant. En général, ce symptôme apparaît fin août, début septembre, au moment où les plants de maïs commencent à flétrir et à mourir graduellement de haut en bas, un peu comme à la suite d'un gel. On observe alors la mort prématurée des tissus au-dessus de l'épi alors que les tissus en deçà de l'épi restent verts. L'examen des tiges dans ces zones mortes montre les mêmes zones noires luisantes qui se trouvent à la base de la tige. Les plants qui présentent le symptôme du dépérissement du sommet du plant se trouvent dans des zones du champ qui ont été soumises à un stress en fin de saison.

**Cycle biologique :** Le champignon responsable de la forme de l'anthracnose causant la pourriture de la tige survit dans les résidus de maïs et cause donc davantage de problèmes la deuxième année de culture du maïs. Du temps doux, pluvieux et humide favorise la propagation de cette maladie.

## FUSARIOSE DE LA TIGE

(*Fusarium graminearum*/*Gibberella zeae*)

### POURRITURE FUSARIENNE DE LA TIGE

(*Fusarium verticilloides*)

### POURRITURE SÈCHE DE LA TIGE (*Diplodia maydis*)

**Aspect :** Ces trois champignons causent tous les symptômes généraux de la pourriture de la tige, notamment le flétrissement et la mort des plants. Les feuilles atteintes deviennent gris vert comme si elles avaient souffert du gel. Les trois types de pourritures causent des lésions ou taches externes sombres aux nœuds inférieurs. La pourriture de la tige causée par *Diplodia* produit de petites taches noires (pycnides) ancrées à l'intérieur de l'écorce de la tige. Ces taches sont difficiles à enlever, ce qui permet de les distinguer des petites taches rondes et noires aux nœuds inférieurs produites par *Gibberella*, qui elles sont faciles à gratter de la surface de la tige (planche 117, p. 298). L'infection par *Gibberella*, appelée fusariose de la tige, se manifeste par les tissus de la moelle de la tige qui deviennent filamenteux et prennent une coloration allant du rose au rouge. Quant aux symptômes de la pourriture de la tige causée par *Fusarium*, appelée pourriture fusarienne de la tige, ils se présentent sous forme de lésions de brun clair à noir près des nœuds. À l'intérieur de la tige, le tissu pourri de la moelle prend une couleur rose saumon.

### PIÉTIN BRUN (*Pythium aphanidermatum*)

**Aspect et cycle biologique :** Le piétin brun, une pourriture de la tige causée par *Pythium*, produit les mêmes symptômes généraux sur la partie aérienne du plant que ceux qui sont associés aux autres organismes causant des pourritures de la tige. *Pythium* entre dans une catégorie distincte de champignons (qui comprend aussi *Phytophthora*), appelés « oomycètes » ou « champignons aquatiques » en raison de leur préférence pour les milieux humides. Une caractéristique unique de ce groupe de champignons est la production de spores mobiles qui peuvent se déplacer à travers un film d'eau dans les sols saturés. Les spores (étape de l'infection) sont capables de se déplacer physiquement vers les racines des plants de maïs et, une fois qu'ils y ont pénétré, de provoquer la maladie. Contrairement aux autres pourritures de la tige qui produisent des structures qui hivernent (points noirs) ou des moisissures, les plants de maïs infectés par *Pythium* ne présentent pas de signe visible de prolifération fongique à la base du plant. Quand on coupe longitudinalement la base de la tige et les racines, les tissus infectés par le piétin brun paraissent mouillés et spongieux et se désintègrent à la base des racines (il s'agit d'une « pourriture aqueuse »).

## Pourritures et moisissures de l'épi

**Stratégies de lutte contre les pourritures de l'épi :** Le maïs qui présente une moisissure blanche peut contenir des toxines ou non, mais le maïs qui présente une moisissure rose ou violette est le plus souvent contaminé. Les pourritures causées par *Fusarium* ou *Gibberella* peuvent s'établir après la pollinisation dans des blessures occasionnées par des insectes ou des oiseaux. Du temps doux et pluvieux ou des rosées prolongées à un moment ou à un autre après la pollinisation peuvent provoquer la pourriture des épis qui sont endommagés.

Les moisissures vertes (*Penicillium*) et noires (*Cladosporium* ou *Alternaria*) ne posent normalement pas de problèmes. Toutefois, lorsqu'elles prolifèrent, elles peuvent être toxiques aux animaux. La propagation des pourritures de l'épi s'arrête lorsque le maïs est sec ou ensilé, mais le niveau des toxines nocives déjà présentes reste inchangé. Les champignons continuent de produire des toxines jusqu'à ce que la teneur en eau du maïs s'abaisse sous les 20 %. Pour en savoir plus long sur les *fusariotoxico*, voir le site du MAAARO, [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

Il est difficile de prévenir les pourritures et moisissures de l'épi étant donné que ces maladies sont très étroitement liées aux conditions météorologiques. Même s'il existe certains hybrides tolérants, aucun n'offre une résistance complète. La rotation des cultures peut réduire l'incidence de la pourriture sèche de l'épi (causée par *Diplodia*). Il a été démontré que certaines pratiques culturales permettent plus ou moins de prévenir les pourritures de l'épi et des grains. Il est possible de minimiser ces maladies par une récolte à point nommé et de bonnes méthodes de séchage et d'entreposage.

Devancer la récolte du maïs dès que le champ comporte 10 % de tiges pourries afin de freiner la propagation de la maladie et la production éventuelle de mycotoxines.

En présence de pourriture de l'épi, il est conseillé de prendre les précautions suivantes relativement à la récolte, à l'entreposage et à l'alimentation des animaux :

- Procéder à la récolte le plus tôt possible.
- Si des dommages par les oiseaux sont évidents, récolter d'abord les rangs qui ne sont pas endommagés et garder et manipuler les grains provenant de ces champs séparément.
- Régler le matériel de récolte de manière à minimiser les dommages au maïs. Nettoyer à fond le maïs pour le débarrasser des morceaux de rafles, des petits grains et des particules fines.
- Refroidir le grain après le séchage.
- Nettoyer les cellules de stockage avant d'y entreposer le nouveau grain.
- Inspecter souvent le grain entreposé pour en vérifier la température et déceler les taches d'humidité ainsi que la présence d'insectes et de moisissures.
- Maîtriser les insectes qui envahissent le maïs entreposé.
- Faire preuve de prudence au moment de servir aux animaux du maïs moisi, surtout aux porcs. Les moisissures roses ou rougeâtres sont particulièrement toxiques. Faire analyser les échantillons suspects pour vérifier la présence de toxines.

Voir la liste des laboratoires à l'annexe D, *Laboratoires d'analyse — aliments pour animaux et mycotoxines/moisissures*, p. 261.

## FUSARIOSE DE L'ÉPI ET DU GRAIN

(*Fusarium verticilloides*)

**Incidence :** La fusariose de l'épi et du grain est fréquente en Ontario. Contrairement à la fusariose de l'épi (causée par *Gibberella*), la fusariose de l'épi et du grain (causée par *Fusarium*) infecte des grains disséminés tout autour de la rafle, parmi des grains sains ou endommagés (par la pyrale du maïs ou

les oiseaux). Les soies sont sensibles aux infections pendant les cinq jours qui suivent leur apparition.

**Aspect :** Cette infection par *Fusarium* produit une moisissure de blanche à rose ou de couleur saumon (planche 118, p. 298). Il arrive qu'on observe des stries blanches ou un rayonnement à la surface des grains infectés. Même si de nombreuses espèces de champignons appartenant au genre *Fusarium* peuvent être responsables de ces symptômes, la principale espèce préoccupante en Ontario est *Fusarium verticillioides*.

**Cycle biologique :** *Fusarium* survit dans les débris de maïs. Ce champignon est préoccupant du fait qu'il produit une toxine appelée fumonisine. Or, il a été prouvé que cette substance est cancérigène pour les humains. Les conditions environnementales qui favorisent la maladie sont du temps doux et pluvieux pendant les deux à trois semaines qui suivent l'apparition des soies.

### FUSARIOSE DE L'ÉPI (*Fusarium graminearum*, *Gibberella zeae*)

**Incidence :** La fusariose de l'épi est la forme de moisissure de l'épi la plus fréquente et la plus grave en Ontario. Elle est causée par *Gibberella zeae*, qui correspond à la phase reproductive sexuée de *Fusarium graminearum*. Ce champignon infecte non seulement le maïs mais également les petites céréales comme le blé. Bien des phytopathologistes estiment que les années où l'incidence de la fusariose de l'épi est forte dans le blé, on peut s'attendre à ce qu'elle fasse davantage de dégâts dans le maïs.

**Aspect :** Même si le champignon peut produire un feutre blanc qui peut être facilement confondu avec un symptôme de la fusariose de l'épi et du grain, la fusariose de l'épi est facilement identifiable au moment où elle produit une moisissure rouge ou rose foncée (violacée) caractéristique (planche 119, p. 298).

**Mise en garde :** En plus de sa gravité sur le plan économique compte tenu des pertes de rendement qu'elle occasionne, la fusariose de l'épi (*Gibberella zeae* et *Fusarium graminearum*) produit deux mycotoxines redoutables, le déoxynivalénol (vomitoxine ou DON) et la zéaralénone. Ces mycotoxines sont particulièrement redoutées par les producteurs de porcs et d'autres animaux d'élevage étant donné qu'elles peuvent nuire à leurs animaux. Les aliments qui renferment même de faibles concentrations de vomitoxine (1 ppm) peuvent abaisser le gain de poids et amener les porcs à refuser de s'alimenter. La zéaralénone est un oestrogène et amène des problèmes de reproduction, notamment l'infertilité et l'avortement spontané du bétail, particulièrement des porcs. Les céréales fourragères qui proviennent d'un champ dont 5 % des épis sont infectés par la fusariose devraient être soumis à des tests de dépistage de ces toxines. Voir l'annexe D, *Laboratoires d'analyse — aliments pour animaux et mycotoxines/moisissures*, p. 261.

**Cycle biologique :** L'infection gagne d'abord les canaux des soies, si bien que, la plupart du temps, elle commence à se propager par la pointe de l'épi et descend le long de l'épi. Dans les cas graves, le gros de l'épi peut être recouvert d'un feutre mycélien. Les soies sont plus vulnérables de deux à dix jours

suivant leur apparition. Durant cette période, du temps frais et pluvieux est propice aux infections.

### POURRITURE SÈCHE DE L'ÉPI (*Diplodia maydis*)

**Incidence :** Des trois principaux types de pourriture qui touchent l'épi en Ontario, la pourriture sèche de l'épi est le moins fréquent. Cette maladie est causée par *Diplodia maydis* et est favorisée par des conditions fraîches et pluvieuses au stade du remplissage des grains.

**Aspect :** Le symptôme caractéristique sur l'épi est une moisissure blanche qui commence à la base de l'épi et qui finit par couvrir et faire pourrir l'épi au complet. De la moisissure dans laquelle sont noyées de petites protubérances noires (des pycnides) peut aussi se former sur les spathes. Les pycnides sont les organes reproducteurs du champignon; elles produisent de nouvelles spores. Le champignon en cause ne produit pas de toxines connues.

**Cycle biologique :** Le champignon responsable de la pourriture sèche de l'épi hiverne dans les débris de maïs laissés à la surface du sol. Les spores qui sont produites pendant les épisodes de pluie peuvent infecter les soies et les spathes ou pénétrer par les tissus endommagés par les oiseaux ou les insectes. La propagation de la maladie est favorisée par du temps frais et pluvieux au cours des vingt et un premiers jours suivant l'apparition des soies.

## Maladies du soya

### Maladies des plantules

#### POURRITURE DES SEMENCES, MALADIES DES PLANTULES ET POURRITURE DES RACINES

**Incidence et stratégies de lutte :** Voir *Généralités sur les pourritures des semences et maladies des plantules*, p. 227.

**Cycle biologique :** En Ontario, on associe souvent cinq types de champignons aux problèmes de levée du soya en début de saison : le *Pythium* et le *Phytophthora* (responsables de pourritures aqueuses), le *Phomopsis*, le *Fusarium* et le *Rhizoctonia*. Les principaux symptômes de la fonte des semis sont provoqués par au moins l'un de ces organismes. Bien que ces derniers puissent se transmettre par les semences, ils sont à des degrés divers présents dans la plupart des champs. Les maladies des plantules sont répandues dans les champs dont la température du sol est inférieure à 13 °C en raison d'un temps frais et pluvieux. Les organismes qui en sont responsables survivent souvent en tant que saprophytes, se nourrissant de matière végétale vivante ou morte, ou en tant que mycéliums dormants ou spores. Les exsudats des racines des plantules ou des racines en croissance stimulent les champignons inactifs.

Les plantules qui semblent avoir des lésions aqueuses et dont les racines ou la partie inférieure de la tige sont brunes ou violacées sont souvent le résultat d'une infection par le *Pythium*, le *Phomopsis* ou le *Phytophthora*. Des lésions rougeâtres ou brunes près de la ligne de sol sont caractéristiques du *Rhizoctonia* et du *Fusarium* respectivement (planche 120, p. 298). La croissance et la vigueur des plants qui survivent se trouvent souvent diminuées.



## POURRITURE PHYTOPHTHOREENNE

### (*Phytophthora sojae*)

**Incidence :** La pourriture phytophthoréenne est un problème potentiel dans les sols argileux lourds. Cette maladie demeure l'une des plus dévastatrices dans les cultures de soya de l'Ontario. Dans les champs où elle a déjà sévi, l'incidence de la maladie s'accroît avec l'augmentation de la fréquence à laquelle le soya revient dans la rotation.

**Aspect :** La pourriture phytophthoréenne peut s'attaquer au soya à n'importe quel stade de sa croissance, mais, souvent, elle cause le plus de dégâts au début de la saison. Les plants infectés au stade cotylédonnaire affichent les symptômes typiques de la fonte des semis. Les plantules ne lèvent pas ou meurent peu après la levée. De plus, les parties infectées de la tige sont gorgées d'eau ou meurtries et se désintègrent facilement (pourriture molle) (planche 121, p. 299). Comme cette maladie produit une pourriture aqueuse, il est difficile, à ce stade, de la distinguer de la pourriture pythienne. En effet, les deux maladies entraînent la perte ou la pourriture de la racine pivotante et des racinelles, ce qui cause le jaunissement des feuilles ainsi que le flétrissement ou même la mort des plants. Les plants infectés peuvent être facilement tirés du sol, car ils ne sont pas bien enracinés. Les plants les plus âgés peuvent être touchés à tout moment avant la maturité. La tige des plants flétris peut présenter des taches violacées ou brun foncé s'étendant des racines (juste en dessous de la ligne de sol) aux nœuds inférieurs. De plus, les dépressions dans les champs peuvent contenir des plants morts, par touffes ou quelques-uns d'affilée dans un même rang. Souvent, les feuilles restent attachées aux plants même quand ceux-ci sont morts.

**Cycle biologique :** Le temps frais et pluvieux est propice à la propagation de la pourriture phytophthoréenne. Les parties des champs les plus vulnérables à la maladie sont celles qui sont basses, mal drainées et lentes à sécher. Le fait de semer dans un sol argileux lourd ou dans un champ ayant fait l'objet d'un travail réduit du sol ou d'une monoculture de soya peut faire accroître les dommages dus à la maladie. Le *Phytophthora* et le *Pythium* sont des organismes uniques en ce sens qu'ils produisent des spores mobiles qui peuvent se déplacer dans l'eau pelliculaire entre les particules du sol jusqu'aux racines du soya. Ces champignons colonisent les tissus des racines et obstruent les tissus conducteurs d'eau du plant, ce qui le fait flétrir.

**Stratégies de lutte :** Pour maîtriser la pourriture phytophthoréenne, il faut miser à la fois sur :

- un bon choix de cultivars de soya;
- le traitement des semences; et
- de bonnes pratiques culturales.

Il existe des cultivars de soya qui affichent une résistance ou une tolérance à la pourriture phytophthoréenne; certains y sont à la fois résistants et tolérants. Pour connaître les caractéristiques des cultivars, consulter un représentant d'un fournisseur de semences ou le dernier rapport sur les essais de rendement des cultivars de soya en Ontario (*Ontario Soybean Performance Trials*), accessible sur le site de l'organisme Ontario Soybean Growers, [www.soybean.on.ca](http://www.soybean.on.ca).

**Cultivars résistants.** On trouve dans les sols différentes races du champignon *Phytophthora*. Chaque cultivar de soya possède une résistance efficace contre certaines races du champignon, mais pas contre toutes. Le risque de pourriture phytophthoréenne est écarté d'un champ donné lorsque le cultivar utilisé est résistant à toutes les races de *Phytophthora* qui se trouvent dans ce champ. Cependant, l'apparition éventuelle d'une race de champignons à laquelle le cultivar de soya est vulnérable pourrait affaiblir cette résistance. Si c'est le cas, il faut choisir un cultivar résistant à la nouvelle race ou faire appel à un cultivar tolérant ou à un gène de résistance différent. Cultiver en rotation des cultivars ayant des gènes de résistance différents. Pour déterminer les races qui sont présentes dans un champ, semer des bandes de plusieurs cultivars ayant une résistance connue à une race.

**Cultivars tolérants.** La maladie se développe chez ces cultivars lorsqu'ils sont cultivés dans des sols infectés, indépendamment des races de *Phytophthora* en cause. Toutefois, le rendement des cultivars tolérants ne souffre habituellement pas beaucoup de la présence de la maladie. Il reste que les plants ne sont pas immuns. Par conséquent, ils peuvent être endommagés si les conditions sont extrêmement favorables à l'évolution de la maladie.

Toute façon culturale qui réduit le compactage du sol et son engorgement réduit aussi l'incidence de cette maladie. Pour les sols argileux où la pourriture phytophthoréenne constitue une menace, on recommande les mesures suivantes :

- Choisir un cultivar montrant un faible pourcentage de plants infectés (tolérance au champ) et un bon gène de résistance (Rps 1c, Rps 1k ou Rps 8). Voir le rapport sur les essais de rendement des cultivars de soya en Ontario (*Ontario Soybean Variety Performance Trial Report*) sur le site de la Commission ontarienne de commercialisation du soya ([www.soybean.on.ca](http://www.soybean.on.ca)).
- Alternier avec des cultures de maïs et de blé. Une rotation courte fera accroître la population du pathogène et le nombre de races présentes dans le champ.
- Ne pas travailler le sol quand il est mouillé.
- Adopter de bonnes pratiques culturales afin d'améliorer la structure et le drainage du sol (rotation, fumier, cultures de couverture, travail réduit du sol, etc.).
- Placer des tuyaux de drainage souterrain dans les champs au drainage naturellement lent.
- Travailler légèrement le sol pour contribuer à le réchauffer et à améliorer le drainage superficiel.
- Semer lorsque la température est supérieure à 13 °C.
- Inspecter chacun des champs de soya à la fin de juillet ou au début d'août pour vérifier s'ils contiennent des plants morts et déterminer si le cultivar est suffisamment résistant ou tolérant compte tenu des conditions locales.

## RHIZOCTONE COMMUN (*Rhizoctonia solani*)

**Incidence :** On trouve le rhizoctone commun dans la plupart des régions de la province où l'on cultive le soya. Dans la majorité des champs, les pertes de peuplement vont de moins de 5 % à plus de 50 % dans la pire des situations. L'incidence du rhizoctone commun est en train de s'accroître et pourrait provoquer des pertes de rendement considérables. Cette maladie touche principalement



les plantules et les jeunes plants sous forme de pourriture des racines et de la tige, surtout durant des périodes pluvieuses prolongées.

**Aspect :** Le rhizoctone commun provoque la pourriture des semences et la brûlure des plantules (fonte des semis). Une lésion rougeâtre caractéristique apparaît sur la tige, au niveau de la ligne de sol ou juste en dessous (planche 122, p. 299). Ces lésions rouge brique fermes et sèches peuvent former une ceinture enfoncée dans la tige, qui peut suivre la racine pivotante et littéralement couper les racines sur leur chemin. Les symptômes sur la partie aérienne sont semblables à ceux qui sont causés par la pourriture phytophthoréenne. Les plants affectés deviennent jaune pâle, symptôme qui est souvent confondu avec les symptômes d'une carence en azote ou d'une piètre nodulation. Les plants gravement infectés peuvent perdre leurs feuilles. Souvent, les plants flétrissent ou meurent par petites touffes. Souvent, les lésions ceinturant la tige affaiblissent les plants; en effet, ceux-ci cassent souvent au niveau du sol lors d'une tempête. Des conditions de croissance stressantes favorisent l'évolution de cette maladie. Le rhizoctone commun occasionne plus de dommages lorsque le temps frais et pluvieux du printemps est suivi de temps sec et très chaud (25–29 °C).

**Cycle biologique :** Le rhizoctone commun survient dans tous les types de sol et sous toutes les conditions environnementales. Le champignon qui en est responsable habite principalement dans le sol et y survit en tant que mycélium dormant ou sclérote. Les champs qui en souffrent le plus sont ceux qui ont déjà été infectés. Avec le temps, les petites régions infectées finissent par s'étendre.

**Stratégies de lutte :** Peu de moyens de lutte existent, car aucun cultivar ne résiste au rhizoctone commun et peu de cultivars le tolèrent. La rotation des cultures avec du maïs et des céréales à paille peut aider à minimiser l'effet de cette maladie. Il est recommandé de promouvoir le drainage du sol et d'éviter de semer lorsque le temps est frais et pluvieux. Les traitements fongicides des semences offrent une certaine protection et améliorent la levée.

## Maladies des feuilles et des tiges

### TACHES BRUNES (*Septoria glycines*)

La maladie des taches brunes est une maladie fongique qui ne cause normalement pas de pertes de rendement importantes en Ontario. Toutefois, des pertes de l'ordre de 5 à 10 % sont enregistrées dans la province là où des cultivars très sensibles sont infectés tôt et soumis à des conditions de stress prolongées.

**Aspect :** Les symptômes se manifestent d'abord sur les premières feuilles unifoliées peu après la formation des feuilles trifoliées. Ce sont de petites taches brun foncé de forme irrégulière, de 1 à 2 mm ( $\frac{1}{16}$  po) de diamètre, entourées ou non d'un halo jaune, qui se forment sur les faces supérieure et inférieure des feuilles de la partie basse du feuillage. Les lésions peuvent grossir et fusionner. Souvent, elles sont concentrées le long des nervures ou sur les pourtours des feuilles (planche 123, p. 299). Les feuilles infectées jaunissent rapidement et meurent. Les symptômes peuvent être difficiles à distinguer de ceux de la brûlure bactérienne, de la rouille du soja et du mildiou. On reconnaît la maladie à la présence de pycnides brunes (taches) à l'intérieur des tissus nécrosés des vieilles lésions.

**Cycle biologique :** Le champignon survit à l'hiver sur des résidus de culture et peut être propagé par des semences infectées. Dans la plupart des cas, l'inoculum est faible dans les semences commerciales. La maladie peut être un problème dans les semences qui n'ont pas été nettoyées ou qui ont été gardées pendant un certain nombre d'années. Les infections initiales des premières feuilles et des cotylédons produisent un inoculum secondaire qui infecte les feuilles de la partie supérieure des plants au fur et à mesure qu'elles apparaissent. La présence d'humidité et d'eau (éclaboussures) joue pour beaucoup dans l'apparition et la propagation de cette maladie. Le champignon produit une toxine qui contribue au jaunissement.

**Stratégies de lutte :** Cette maladie est surtout peu esthétique. Il reste que lorsqu'elle se déclare en début de saison, elle peut provoquer une défoliation importante des plants. Les cultivars de soja n'y sont pas tous également sensibles, mais aucun n'y est complètement résistant. Une bonne rotation incluant des cultures qui ne sont pas des hôtes du champignon, comme le blé et le maïs, contribue à abaisser les niveaux d'inoculum. Le recours aux fongicides n'est habituellement pas rentable.

## NÉMATODE À KYSTE DU SOYA (*Heterodera glycines*)

**Incidence :** Depuis qu'il a été identifié pour la première fois en Ontario en 1988, le nématode à kyste du soja (NKS) a été signalé dans la plupart des comtés situés à l'ouest de Toronto et plus récemment dans des parties de l'Est de l'Ontario.

Bien que ce ravageur puisse être maîtrisé efficacement, il faut d'abord y être sensibilisé et savoir le reconnaître. En Ontario, les pertes dues au NKS varient de 5 à 100 %. Malheureusement, quand les symptômes de la présence du NKS se manifestent sur les plants, les agriculteurs ont déjà subi de lourdes pertes de rendement. Une fois que les champs en sont infestés, il est impossible d'éradiquer le NKS.

**Aspect :** Ces organismes microscopiques en forme d'anguilles endommagent le système racinaire, ce qui empêche le plant d'absorber l'eau et les éléments nutritifs. Dans bien des cas, les symptômes du NKS ne se manifestent dans un champ qu'une fois que les populations ont passablement gonflé. Dès lors, les symptômes sur les parties aériennes comprennent le jaunissement des feuilles, le rabougrissement des plants et une maturité précoce, en particulier si le sol est de texture légère et la pluviosité faible (planche 124, p. 299). Les endroits endommagés forment souvent des plages circulaires. On confond souvent les dégâts occasionnés par le NKS avec ceux qui sont causés par une carence nutritionnelle, une inondation, des herbicides, le compactage, une sécheresse ou la pourriture des racines. Le jaunissement du pourtour des feuilles peut ressembler aux symptômes d'une carence en potassium. Toutefois, l'ajout de potassium ne réduit pas les dommages dus au NKS et n'élimine pas les symptômes. Il ne faut jamais tenter d'arracher un plant pour voir le NKS, car on risque de perdre trop de racines et, de toute manière, les nématodes glissent des racines au moment de l'arrachage. On recommande plutôt d'utiliser une pelle pour dégager le plant avec la terre qui entoure les racines.

Dans la partie souterraine du plant, les symptômes se manifestent par un système racinaire peu étendu, rabougri, d'une couleur altérée (par

**Tableau 14-1. Risque de perte de rendement associé à différents niveaux de population de NKS (établis d'après les résultats d'analyses de sol)**

Population de NKS (n <sup>bre</sup> d'œufs/100 g de sol)	Risque	Perte de rendement possible	Rotation
0-500 (sols grossiers et sableux)	Faible	0-20 %	4 ans
0-1 000 (sols fins limoneux ou argileux)	Faible	0-20 %	4 ans
1 000 (sols grossiers et sableux)	Élevé	20-50 %	6 ans
2 000 (sols fins limoneux ou argileux)	Élevé	20-50 %	6 ans
10 000 (tous les types de sols)	* Voir ci-dessous.	50-100 %	Non-hôte

Source : Welacky, Anderson et Tenuta. Agriculture et Agroalimentaire Canada et MAAARO, 2000.

\* Les cultivars résistants risquent d'être endommagés.

la présence d'agents pathogènes causant la pourriture des racines) et un faible nombre de nodules fixant l'azote. Le symptôme le plus évident d'une infestation par le NKS est la présence sur les racines des kystes formés par le nématode femelle adulte. Il s'agit de kystes dont la couleur va du blanc au jaune-brun et qui font moins de 1 mm de diamètre (tête d'épingle) (planche 125, p. 299). Les symptômes des dommages occasionnés par le NKS (y compris la mort des plants) sont plus manifestes dans des conditions de croissance stressantes, surtout dans les milieux très chauds et secs. Si les conditions de croissance sont bonnes, il se peut que les symptômes sur les parties aériennes passent inaperçus. Au contraire, les années où les conditions sont particulièrement stressantes, même une faible population de NKS peut causer des dommages apparents beaucoup plus importants et entraîner de grandes pertes de rendement.

Les symptômes découlant des infestations par le NKS ne sont pas toujours manifestes, et on a observé des pertes de rendement de 25 à 30 % dans des champs sensibles sans qu'il y ait de symptômes dans la partie aérienne de la culture. Parmi les endroits des champs où les symptômes visibles se manifestent le plus souvent, il y a les points d'entrée de la machinerie, les aires d'entreposage du matériel et des véhicules, le faite des collines, les tournières compactées et le long des rangs d'arbres et d'arbustes où la terre emportée par le vent a tendance à s'accumuler.

**Cycle biologique :** Le cycle biologique du NKS comporte trois stades principaux : l'œuf, le stade juvénile et le stade adulte. Lors du premier stade, les œufs éclosent, libérant de jeunes anguillules dans le sol. C'est le seul stade où le NKS peut infester les racines du soja. Une fois qu'ils ont pénétré les racines, les jeunes nématodes migrent vers les tissus conducteurs d'eau et d'éléments nutritifs (système vasculaire) et établissent un site d'alimentation. C'est à ce stade que les femelles commencent à gonfler et finissent par percer la surface des racines. Les femelles adultes qui continuent de s'accrocher à la racine pour se nourrir pondent leurs œufs en masse dans une gangue gélatineuse hors de leur corps. À la fin du cycle, les femelles retiennent des œufs dans leur abdomen. Leur corps, encastré dans les racines, forment des « kystes ». Au début, les kystes sont blancs; ils deviennent ensuite jaunes, puis bruns, à mesure que les femelles viennent à maturité. Les kystes peuvent contenir entre 100 et 300 œufs. Le nombre de kystes par plant varie de quelques-uns à des centaines. Dans un champ infesté, les kystes sont répartis dans toute

la rhizosphère et peuvent survivre dix années et même davantage. Le cycle biologique complet s'échelonne sur environ quatre semaines quand la température du sol se situe à 25 °C.

**Stratégies de lutte :** Les pratiques suivantes réduisent le risque qu'une infestation par le NKS ne cause des pertes financières importantes :

- Utiliser des semences certifiées ou propres, de bonne qualité et exemptes de ravageurs terricoles.
- Enlever à grande eau toute terre collée aux machines agricoles avant de passer d'un champ ou d'un terrain infesté à l'autre.
- Adopter des pratiques de conservation adéquates pour empêcher le transfert de terre entre les champs.
- Être rigoureux dans la lutte contre les mauvaises herbes. De nombreuses mauvaises herbes, particulièrement des annuelles comme le lamier pourpre, le lamier amplexicaule et le tabouret des champs, servent d'hôtes aux NKS.
- Si on a diagnostiqué le NKS dans un champ, utiliser des cultivars de soja résistant à ce nématode. Celui-ci entraîne des baisses de rendement significatives. Par conséquent, pour les champs ayant déjà été infestés par ce ravageur, il faut choisir un cultivar qui y est résistant (PI 88788, Peking, PI 437654). Cela revêt une importance particulière dans le cas des nouvelles technologies ou caractéristiques, telles que la résistance aux herbicides.
- La résistance aux NKS n'est pas efficace à 100 %; elle n'empêche pas l'apparition de quelques kystes sur les racines. Plus le cultivar est résistant, moins la population de NKS dans le champ sera diversifiée et moins il y aura de kystes sur les racines. Éviter l'utilisation continue du même cultivar résistant au NKS, car cela pousse la population de nématodes à s'adapter et à se déplacer, rendant ainsi ces cultivars inefficaces à combattre les infestations. Voir le rapport sur les essais de rendement des cultivars de soja en Ontario (*Ontario Soybean Variety Performance Trial Report*) pour connaître les cultivars résistants, les gènes de résistance et leur comportement dans les sols infestés.
- Pratiquer une rotation incluant des cultures qui ne sont pas des hôtes du NKS, comme le maïs, le blé, la luzerne, l'avoine et le trèfle, ou des cultures de légumes, comme la tomate, et certaines cultures de couverture (voir *Couvre-sol*, p. 146) qui concourent à abaisser les populations de NKS et à améliorer les rendements. Il est déconseillé de remplacer dans la rotation le soja par des haricots secs comestibles, étant donné que ces cultures sont également hôtes du NKS. Voir le tableau 14-1, *Risque de perte de rendement associé à différents niveaux de population de NKS*, sur cette page.
- Surveiller les populations de NKS dans le sol en prélevant des échantillons tous les trois à six ans. Envoyer les échantillons à l'un des laboratoires indiqués dans l'annexe E, *Laboratoires de dépistage du nématode à kyste du soja*, p. 262. Demander un compte séparé des œufs et de tous les kystes.

### OÏDIUM (*Microspheera diffusa*)

### MILDIU (*Peronospora manshurica*)

**Incidence :** Ces deux maladies s'observent surtout quand les conditions sont pluvieuses et humides. Bien que la plupart des champs soient touchés par ces maladies, on considère qu'il s'agit de maladies mineures et négligeables sur le plan économique.

**Tableau 14-2. Symptômes de la pourriture brune des tiges, du chancre des tiges et du syndrome de la mort subite sur les racines, les tiges et les feuilles du soya**

Organe atteint	Pourriture brune des tiges	Chancre des tiges	Syndrome de la mort subite
Racines	• saines	• saines	• pourriture des racines • brunissement des racines • brunissement interne de la racine pivotante
Tige (extérieur)	• saine	• chancre brun rougeâtre, foncé, déprimé, commençant à un nœud • chancre pouvant s'étendre à la longueur de la tige • souvent d'un seul côté	• saine
Tige (intérieur)	• moelle brune (centre) • tissus blancs sous la surface de la tige	• commençant avec un léger brunissement aux nœuds • tiges gravement atteintes complètement détériorées	• moelle blanche et saine • brunissement des tissus sous la surface de la tige
Feuilles	• flétrissure des feuilles supérieures • taches jaunes entre les nervures • augmentation de la taille jusqu'à ce que les tissus entre les nervures soient entièrement jaunis, puis brunis • feuilles restant attachées au plant	• jaunissement général des feuilles • absence de points ou de taches jaunes distincts • jaunissement entre les nervures pouvant entraîner la nécrose ou la mort des tissus	• flétrissement des feuilles supérieures • taches jaunes entre les nervures • augmentation de la taille jusqu'à ce que les tissus entre les nervures soient entièrement jaunis, puis brunis • feuilles restant attachées au plant

**Aspect :** L'oïdium (blanc) se manifeste sous forme d'une couche poudreuse blanche à la face supérieure des feuilles (planche 126, p. 299). Les semences de soya ne sont pas contaminées.

Le mildiou se manifeste sous forme de taches foliaires, allant du jaune au brun et apparaissant de la fin de juillet à septembre (planche 127, p. 300). Par temps humide, une moisissure grise ou bleu clair apparaît au revers des feuilles, juste sous ces taches. Les feuilles gravement atteintes tombent prématurément. Un feutre mycélien blanchâtre peut finir par recouvrir entièrement les semences, même à l'intérieur de gousses saines. L'utilisation de semence infectée peut donner des plantules malades.

**Cycle biologique :** Habituellement, l'oïdium se manifeste en août et en septembre sur les feuilles. Cette maladie se propage lorsque les symptômes commencent à paraître au début de juillet et que le temps demeure frais, nuageux et humide jusqu'au remplissage des gousses. Le mildiou vit dans les feuilles infectées et sur les semences. Les spores aéroportées provenant des États-Unis et disséminées en Ontario sont les sources d'infection les plus courantes.

**Stratégies de lutte :** L'enlèvement des résidus de récolte et l'inclusion dans la rotation d'espèces qui ne sont pas hôtes, comme le maïs et le blé, contribuent à prévenir l'apparition de ces deux maladies. De plus, les traitements fongicides des semences réduit l'incidence du mildiou transmis par les semences.

**POURRITURE BRUNE DES TIGES (*Phialophora gregata*)  
CHANCRE DES TIGES (*Diaporthe phaseolorum*)  
SYNDROME DE LA MORT SUBITE  
(*Fusarium verguliforme*)**

**Incidence :** On trouve ces trois maladies dans toutes les régions de l'Ontario où l'on cultive le soya, mais elles sont plus répandues dans les comtés du Sud-Ouest. Les pertes de rendement varient de quelques boisseaux à de grandes étendues de champs (surtout dans le cas du syndrome de la mort subite).

**Aspect :** Pour s'aider dans l'identification de ces maladies, voir le tableau 14-2, *Symptômes de la pourriture brune des tiges, du chancre des tiges et du syndrome de la mort subite sur les racines, les tiges et les feuilles du soya*, sur cette page.

**Pourriture brune des tiges :** Les symptômes de la maladie se manifestent généralement en août, au moment du remplissage des gousses. Des zones jaunâtres et nécrotiques se développent entre les nervures des feuilles supérieures, comme dans le cas du syndrome de la mort subite. Les plants se flétrissent soudainement et les gousses sont mal remplies. La maladie est plus répandue là où l'on pratique un travail réduit du sol.

**Chancre des tiges :** La maladie peut causer la fonte des semis et le flétrissement des plantules, mais elle s'attaque plus souvent aux plants de soya après la floraison. Les plants se flétrissent soudainement et les feuilles et pétioles s'affaissent, comme dans le cas de la pourriture phytophthoréenne. Des lésions rouge-brun apparaissent à l'extérieur des plants atteints, aux nœuds inférieurs (planche 128, p. 300). En général, la moelle des plants malades brunit près des nœuds. Ce champignon peut aussi provoquer le dépérissement de la tige ou des pointes plus tard dans la saison de croissance, et aussi causer une pourriture des semences semblable à celle qui est causée par *Phomopsis*. Le chancre des tiges hiverne dans les résidus de culture et est plus répandu là où l'on pratique un travail réduit du sol.

**Syndrome de la mort subite (SMS) :** Les plants atteints se flétrissent et meurent très rapidement en juillet et en août. On peut observer une chlorose internervaire et une nécrose des feuilles supérieures (planche 129, p. 300) ainsi qu'une défoliation. En général, les pétioles ne tombent pas. Les sols mouillés et les températures chaudes sont propices au développement de la maladie. Le collet des plants atteints est légèrement brun. La maladie est souvent associée au nématode à kyste du soya, mais pas toujours.

**Cycle biologique :**

- Tous ces champignons survivent pendant de longues périodes dans les résidus de culture enfouis dans le sol.
- La pourriture brune des tiges sévit au début de la saison de croissance, mais ses symptômes ne se manifestent qu'un mois avant la récolte. Les conditions présentes durant le remplissage des gousses influencent l'évolution de la maladie. En fait, la maladie se propage lorsque, à ce stade, du temps frais et pluvieux est suivi de temps très chaud et sec.
- Le chancre des tiges est favorisé par du temps doux et pluvieux; il se manifeste entre la mi-juillet et la maturité.
- Les symptômes du syndrome de la mort subite commencent à se manifester entre la floraison et la maturité; la maladie prospère dans des sols frais et humides. Les champs les plus susceptibles d'afficher les symptômes du syndrome de la mort subite sont ceux qui sont bien fertilisés et vigoureux.

**Stratégies de lutte :** Une rotation incluant du maïs et des céréales atténue l'incidence de ces maladies, qui sévissent le plus souvent dans des champs qui ont fait l'objet d'un travail réduit du sol. L'incorporation ou l'enlèvement des résidus infestés réduit également les risques d'infection par ces maladies. Il existe quelques cultivars de soya qui résistent ou tolèrent ces maladies.

#### **POURRITURE À SCLÉROTES (sclérotiniose)** (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Cette maladie touche aussi les haricots secs comestibles, le canola et le tournesol. Voir la même rubrique, p. 255, et les planches 161 à 165, p. 305 et 306.

#### **ROUILLE ASIATIQUE DU SOYA (*Phakospora pachyrhizi*)**

**Incidence :** La rouille asiatique du soya est une nouvelle maladie fongique envahissante du soya en Amérique du Nord. Cette maladie destructrice devient une menace grandissante pour les producteurs canadiens de soya puisque l'agent qui en est responsable continue de progresser et hiverne dans le sud des États-Unis. La présence confirmée de la rouille asiatique du soya en Ontario durant la saison de croissance 2007 montre qu'il existe une voie d'exposition et que le soya de l'Ontario peut être infecté même si l'agent pathogène responsable de cette maladie n'hiverne pas en Ontario.

**Aspect :** Les symptômes les plus courants sont de petites lésions de couleur chamois à brun foncé ou de couleur brun-roux, de 2–3 mm (1/8 po) de diamètre. Ces lésions apparaissent le plus souvent sur le dessous des feuilles, mais se manifestent également sur les pétioles, les gousses et les tiges. Elles forment des pustules où sont produites les spores (planches 130 et 131, p. 300). Les lésions de couleur chamois produisent davantage de spores que les lésions de couleur brun-roux. Les feuilles infectées ont une apparence tachetée. L'infection se déclare souvent sur les feuilles inférieures et monte le long du plant. Les feuilles finissent par jaunir et tomber. La perte de tissus photosynthétisants, la défoliation prématurée et la mort peuvent grandement diminuer les rendements. La rouille asiatique du soya peut être facilement confondue avec les taches brunes, le mildiou ou la brûlure bactérienne, qui sont toutes des maladies courantes en Ontario.

**Cycle biologique :** La rouille asiatique du soya est causée par un parasite qui a besoin de plants de soya vivants pour survivre. La bonne nouvelle pour les producteurs de soya de l'Ontario, c'est que l'agent responsable de cette maladie n'hiverne pas en Ontario. S'il est vrai que la rouille asiatique du soya ne peut survivre aux durs hivers de l'Ontario, les spores migrent chaque saison de croissance des lieux où elles ont hiverné dans le sud des États-Unis. La viabilité des spores dépend de nombreux facteurs, en particulier du stade de croissance de la culture et des conditions environnementales au moment où les spores se déposent. De longues périodes de mouillage des feuilles de même que des températures entre 15 et 30 °C et une humidité relative élevée sont nécessaires à la germination des spores.

**Stratégies de lutte :** Les cultivars commerciaux de soya cultivés en Amérique du Nord n'affichent actuellement pas une résistance efficace à la rouille asiatique du soya. Ainsi, tant que des cultivars résistants ne seront pas disponibles, la lutte contre la rouille asiatique du soya reposera sur le dépistage, la détection précoce et l'utilisation de fongicides foliaires (planche 132, p. 300). Les données recueillies par le vaste réseau de parcelles d'alerte établi pour lutter contre la rouille asiatique du soya en Amérique du Nord (accessibles à partir du site de l'organisme Ontario Soybean Growers, [www.soybean.on.ca](http://www.soybean.on.ca)) facilitent la surveillance de la rouille asiatique du soya ou permettent de prévoir les risques associés à cette maladie.

#### **BRÛLURE BACTÉRIENNE**

##### (*Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*)

**Incidence :** La plupart du temps, la brûlure bactérienne a une incidence minime. Elle cause toutefois des pertes de rendement et nuit à la qualité des semences quand le temps est frais et pluvieux pendant une période prolongée durant l'été.

**Aspect :** Les symptômes se manifestent par l'apparition sur les feuilles des plants infectés de lésions noires ou rouges au pourtour jaune et au centre luisant (planche 133, p. 301). Souvent, ils disparaissent en présence de conditions sèches et très chaudes. Les semences infectées présentent des taches aqueuses, commençant au hile, qui peuvent réduire la viabilité des semences et réduire la germination.

**Cycle biologique :** Les bactéries survivent sur les semences et les résidus de cultures et se propagent aux feuilles supérieures par des éclaboussures de pluie, par le vent et sous l'effet des blessures causées aux plantes (grêle, insectes, blessures mécaniques, etc.). On compte différentes races physiologiques dans la province.

##### **Stratégies de lutte :**

- la rotation avec d'autres cultures comme le maïs ou le blé;
- l'enlèvement des résidus de cultures;
- l'évitement des déplacements dans le champ quand les feuilles sont mouillées.

Si les cultivars affichent une certaine tolérance, aucun n'affiche une résistance à toutes les races physiologiques.



## Maladies des gousses et des semences

### MOSAÏQUE DU SOYA

**Incidence :** La plupart des régions de la province sont légèrement touchées par cette maladie. Les champs de soya de spécialité ou de consommation humaine qui doivent donner des graines avec un tégument sans tache sont les plus vulnérables aux pertes économiques dues au virus de la mosaïque du soya.

**Aspect :** Les feuilles des plants infectés sont déformées, ridées et cloquées. Elles ont des taches formant une sorte de mosaïque qui est davantage évidente sur les jeunes feuilles (planche 134, p. 301). Les plants infectés peuvent être rabougris. Les semences infectées présentent un brunissement ou un noircissement caractéristique qui produit des bigarrures depuis le hile (planche 135, p. 301). On confond souvent les symptômes du virus avec les dommages causés par les herbicides hormonaux. Les plants infectés par le virus de la mosaïque du soya sont répartis ça et là dans le champ, et la zone touchée est habituellement plus petite que s'il s'agissait de dommages causés par un herbicide. Les dommages ne semblent pas se présenter sous une configuration précise dans le champ.

**Cycle biologique :** Le virus survit d'une saison à l'autre dans les graines infectées et est transmis d'un plant à l'autre par les pucerons.

**Stratégies de lutte :** En Ontario, on maîtrise cette maladie par l'utilisation de graines saines.

### MARBRURE DES GOUSSES DU HARICOT

**Incidence :** Le virus de la marbrure des gousses du haricot (VMGH) a récemment été signalé en Ontario. Ce virus peut nuire à la qualité du soya et, par conséquent, aux possibilités d'exportation.

**Aspect :** L'un des symptômes communs du VMGH est la maturité irrégulière du soya ou le symptôme de la « tige verte »; les tiges et les feuilles demeurent vertes même si les gousses sont mûres. Les jeunes feuilles dans la partie supérieure du feuillage ont souvent des marbrures vertes ou jaunes qui peuvent disparaître, puis réapparaître plus tard dans la saison de croissance. Dans les cas extrêmes, les feuilles et les gousses peuvent être déformées. La turgescence des feuilles infectées diminue, ce qui les fait s'enrouler. Souvent, à la suite d'un stress hydrique provoqué par une sécheresse, les plants infectés comptent moins de gousses. Le tégument infecté présente des bigarrures brunes ou noires depuis le hile.

**Cycle biologique :** Le temps frais est propice à l'évolution de cette maladie. Contrairement au virus de la mosaïque du soya, le VMGH ne se transmet pas facilement par la semence. La chrysomèle du haricot en est le principal vecteur. La chrysomèle maculée du concombre peut aussi en être un vecteur. Ce virus a un grand nombre d'hôtes parmi les légumineuses et il se transmet par l'intermédiaire des chrysomèles du haricot qui se nourrissent de plants de légumineuses infectés. Les blessures d'origine mécanique, contribuent à la propagation du virus, surtout par temps pluvieux.

**Stratégies de lutte :** Dans les champs ayant déjà été infectés par ce virus, utiliser des semences saines ou des cultivars résistants. Envisager de lutter contre les chrysomèles du haricot adultes lorsque les populations sont fortes en début de saison. Pour connaître les seuils d'intervention relatifs à la chrysomèle du haricot, voir *Chrysomèle du haricot*, p. 210.

### CERCOSPOROSE (*Cercospora soja*)

**Incidence :** Les répercussions économiques de cette maladie sont généralement minimales; les comtés de l'extrême Sud-Ouest sont plus fréquemment touchés.

**Aspect :** Les lésions font 1–5 mm ( $\frac{1}{8}$  po) de diamètre et présentent un centre de couleur chamois auréolé de rouge foncé/brun. Les lésions plus anciennes se fusionnent, les feuilles peuvent sembler effilochées ou, encore, une mince fente peut apparaître au centre de la lésion (planche 136, p. 301).

**Cycle biologique :** L'agent pathogène hiverne dans des résidus. Des taches apparaissent sur les semences et les feuilles en la présence de conditions chaudes et humides, en particulier chez les cultivars très sensibles durant la floraison et la formation des gousses.

#### Stratégies de lutte :

- la rotation des cultures avec des plantes qui ne sont pas des hôtes, comme le maïs ou le blé;
- l'utilisation de semences non infectées;
- l'utilisation d'un cultivar résistant.

Les fongicides foliaires ne sont généralement pas rentables, à moins que la maladie n'apparaisse de façon précoce sur un cultivar très sensible.

### CERCOSPOROSE

#### GRAINES POURPRES (*Cercospora kikuchii*)

**Incidence :** La maladie se manifeste souvent tard dans la saison et peut causer des brûlures sur les feuilles et des taches sur les semences. Les pertes de rendement sont souvent minimales, mais les taches peuvent nuire à la qualité des semences.

**Aspect :** Les feuilles présentent souvent des lésions allant du rouge au pourpre et mesurant moins de 1 cm ( $\frac{3}{8}$  po) de diamètre qui deviennent visibles en août ou au début de septembre. Les lésions peuvent se fusionner et former de larges zones infectées qui peuvent s'étendre le long de la nervure médiane ou des nervures secondaires. Des lésions peuvent aussi apparaître sur les pétioles, les tiges et les gousses. Les symptômes sont souvent confondus avec les brûlures par le soleil ou les dommages causés par l'ozone. Les semences infectées présentent une altération distinctive de la couleur (maladie des grains pourpres) allant du violet au pourpre pale ou foncé sur une partie ou la totalité du tégument (planche 137, p. 301). Cette altération de la couleur est souvent circonscrite aux deux couches supérieures du tégument. L'embryon n'est pas touché, pas plus que sa couleur. Dans la plupart des cas, une réduction de 7 à 13 % de la levée peut survenir au champ.

**Cycle biologique :** Le champignon hiverne dans les semences, mais la source d'infection primaire reste les résidus de culture.



### Stratégies de lutte :

- l'utilisation de semences propres et le traitement fongicide des semences;
- la rotation des cultures et l'enlèvement des résidus pour réduire le potentiel d'infection;
- l'utilisation d'un cultivar affichant une plus grande tolérance.

### POURRITURE DES GRAINES (*Phomopsis longicolla*) BRÛLURE PHOMOPSIEENNE (*Diaporthe phaseolorum*)

**Incidence :** La pourriture des graines est depuis longtemps considérée comme la maladie du soya la plus grave en Ontario. Elle est d'autant plus grave que les conditions sont chaudes et pluvieuses à la récolte. Sous de telles conditions, retarder la récolte accroît l'incidence de la maladie.

**Aspect :** La pourriture des graines se caractérise par de petites fentes près du hile des graines infectées (planche 138, p. 301). Une moisissure blanche ou grise peut apparaître à la surface de la graine. Le rendement, le grade, la viabilité et la vigueur de la semence s'en trouvent parfois réduits. Comme les graines gravement atteintes demeurent petites et légères et risquent d'être perdues lors de la récolte et des opérations de nettoyage, la maladie entraîne des pertes de rendement.

La deuxième phase de la maladie, la brûlure phomopsienne, touche les tiges et les gousses. Bien que les plants soient infectés en début de saison, les symptômes ne paraissent qu'après la mi-saison. Sur les tiges, on aperçoit de petits points ou corpuscules noirs surélevés (pycnides) (planche 139, p. 302); ces corpuscules sont alignés ou regroupés en ilots. Il y en a aussi sur les gousses, mais ils ne sont pas disposés de façon particulière.

**Cycle biologique :** Ce champignon hiverne dans les graines et les résidus de culture. En début de saison, les spores sont éclaboussées sur les plantules. Du temps chaud, pluvieux et humide durant le remplissage des gousses est propice à l'évolution de la maladie.

**Stratégies de lutte :** Dans la mesure du possible, choisir des cultivars de pleine saison, qui parviendront par conséquent à maturité sous les conditions fraîches de la fin de la saison de croissance. Les cultivars à cycle court pour une région donnée tendent à parvenir à maturité plus tôt lorsque les conditions sont plus douces et plus propices à la prolifération du pathogène. On peut éliminer ou réduire l'incidence de la brûlure phomopsienne en adoptant une ou plusieurs des mesures suivantes :

- utilisation de semences exemptes de la maladie;
- semis plus tardifs;
- rotation des cultures;
- enfouissement des résidus de soya;
- récolte au moment le plus opportun possible.

Récolter en premier le soya destiné aux marchés d'exportation et des semences. Le traitement des semences entraîne habituellement une hausse de la germination et de la levée. Toutefois, souvent, les graines déformées laissant voir une prolifération mycélienne ne parviennent pas à germer, même si elles sont traitées.

## Maladies de la luzerne

### Maladies des plantules

#### POURRITURE DES SEMENCES

#### FONTE DES SEMIS

#### BRÛLURE DES PLANTULES CAUSÉES PAR PYTHIUM (*Pythium* spp.)

**Incidence :** La pourriture des semences, la fonte des semis et la brûlure des plantules causées par *Pythium* sont des maladies fongiques de début de saison. L'infection des plants de luzerne survient le plus souvent entre le moment du semis et plusieurs semaines après la levée.

**Aspect :** Les semences infectées peuvent pourrir et les jeunes plants de semis gravement atteints peuvent se flétrir, s'affaïsser et mourir. Rechercher des lésions humides ou aqueuses sur les racines et l'hypocotyle des plants infectés. La tige des plantules touchées est pincée ou anelée à la ligne de sol ou frappée par la fonte des semis; les plantules peuvent verser et mourir. Les parties du champ qui sont infectées par la maladie forment souvent des plaques circulaires ou de forme irrégulière.

**Cycle biologique :** La pourriture des semences, la fonte des semis et la brûlure des plantules causées par *Pythium* sont semblables à la phytophthora en ce sens qu'elles produisent des spores mobiles qui se déplacent dans l'eau pelliculaire entre les particules du sol et finissent par infecter les racines de luzerne.

**Stratégies de lutte :** Drainer tout excès d'humidité dans le sol et éviter de compacter le sol. Semer quand le sol et les conditions météorologiques sont propices à une levée rapide et à la croissance précoce des plantules. Accroître les densités de peuplement pour compenser toute perte. Les traitements des semences procurent une certaine protection aux plantules vulnérables.

#### PHYTOPHTHORA (*Phytophthora medicaginis*)

**Incidence :** La phytophthora est une maladie sérieuse et courante de la luzerne. Elle se manifeste principalement dans les sols mal drainés ou les loams argileux lors de longues périodes pluvieuses.

**Aspect :** Comme la maladie se manifeste à mesure que les plants lèvent, les plantules y sont les plus vulnérables. Par contre, à mesure que le peuplement vieillit, le risque d'infection diminue quelque peu. Les plantules touchées sont rabougries, poussent lentement à cause d'un système racinaire réduit et finissent par flétrir (planche 140, p. 302). La tige des plantules touchées est pincée ou anelée à la ligne de sol ou frappée par la fonte des semis; les plantules peuvent verser et mourir. Les parties du champ qui sont infectées par la maladie forment souvent des plaques circulaires ou de forme irrégulière. Dans le cas des plantules plus âgées ou des plants établis, des lésions aqueuses brun rougeâtre peuvent être observées sur les racines. Lorsque l'infection est grave, les lésions peuvent devenir noires et la racine pivotante peut pourrir complètement. Comme le plant ne peut pas absorber d'eau et d'éléments nutritifs, il se flétrit et meurt. Au début, les feuilles inférieures sont jaunes et, à mesure que la maladie progresse, elles peuvent devenir brun rougeâtre.

**Cycle biologique :** La phytophthora est une maladie terricole susceptible d'endommager les racines ou de provoquer la mort des plants. Le champignon survit en tant que spores à paroi épaisse qui, au printemps, produisent des spores mobiles qui migrent vers les racines des plants et les infectent. L'eau joue donc un rôle important, car ces spores mobiles se déplacent dans l'eau pelliculaire entre les particules du sol. La maladie se propage lorsque la température se situe entre 21 et 32 °C, par temps humide ou pluvieux. Les champs les plus vulnérables sont ceux qui sont compactés ou mal drainés. Le champignon est en mesure de survivre pendant de nombreuses années dans des tissus végétaux infectés.

**Stratégies de lutte :** Dans les champs qui sont déjà infectés par la phytophthora, utiliser des cultivars très résistants et des semences traitées. Pour connaître les cotes des cultivars au regard de leur résistance à la phytophthora, se référer à l'édition courante du rapport sur les essais de rendement des cultivars de cultures fourragères en Ontario (*Ontario Forage Crop Variety Performance Trial Report*) disponible dans n'importe quel centre de ressources du MAAARO. Parmi les autres mesures de lutte contre cette maladie, il y a lieu de mentionner :

- le maintien d'un sol fertile, ce qui favorise la croissance des racines,
- l'élimination de l'excès d'humidité par l'installation de tuyaux de drainage souterrains, un minimum de compactage du sol,
- l'atténuation des facteurs de stress tels que la présence d'insectes défoliateurs et de mauvaises herbes, et la prévention des dommages mécaniques qui rendent les plants davantage vulnérables à la phytophthora. La rotation des cultures a peu d'incidence sur la maladie.

### NÉCROSE RACINAIRE PRÉCOCE (*Aphanomyces euteiches*)

**Incidence :** La nécrose racinaire précoce est une maladie sérieuse de la luzerne qui peut être lourde de conséquences sur le plan économique. Elle est considérée comme l'une des principales maladies des pousses de luzerne qui sévit surtout dans des sols humides et saturés d'eau. Elle s'attaque également aux plants de luzerne adultes ayant survécu et peut réduire considérablement le rendement et la vigueur des peuplements établis.

**Aspect :** Les plantules infectées sont rabougries, mais conservent leur port dressé. Certains de leurs folioles et cotylédons sont jaunes. Leurs racines et leurs tiges sont grises et aqueuses. Les plantules gravement atteintes passent de brun pâle à brun foncé.

Les symptômes qu'on observe habituellement dans les peuplements établis sont le jaunissement et le rabougrissement des plants. Rechercher les plants n'ayant pas de fines racines fasciculaires. Les racines secondaires sont souvent pourries ou absentes. Les peuplements établis infectés sont généralement clairsemés, jaunis, envahis par les mauvaises herbes et à peu près dénués de nodosités rhyzobiennes. Ces symptômes peuvent faire penser à une carence en azote. Comme la reprise de la croissance est lente et que les plants sont peu vigoureux, les rendements sont faibles. Leur système racinaire étant mal développé, les peuplements de luzerne infectés supportent très mal les longues périodes de temps sec.

La phytophthora tue généralement les jeunes plantules plus rapidement et en plus grand nombre que la nécrose racinaire précoce en s'attaquant à la racine pivotante. Toutefois, la nécrose racinaire précoce est considérée comme une maladie plus chronique, certes moins susceptible de faire mourir la plantule, mais davantage encline à produire des cultures de luzerne rabougries qui affichent un faible rendement.

**Cycle biologique :** Le champignon survit dans le sol, sur des plants ou des résidus de culture infectés. L'infection ne se déclare que si le sol est saturé d'eau. L'évolution de la maladie est favorisée par des températures allant de modérées à élevées (16–30 °C) en la présence de conditions humides ou pluvieuses. Les champs compactés ou mal drainés sont particulièrement vulnérables à la maladie.

**Stratégies de lutte :** On prévient l'apparition de la nécrose racinaire précoce par l'emploi de cultivars résistants comme on le fait pour combattre la phytophthora. On a identifié deux isolats d'*Aphanomyces*, la race 1 et la race 2, la seconde étant plus virulente. De nombreux cultivars de luzerne affichent une résistance à la race 1; ils sont beaucoup moins nombreux à afficher une résistance à la race 2. Consulter les représentants des fournisseurs de semences, le rapport sur les essais de rendement des cultivars de cultures fourragères en Ontario (*Ontario Forage Crop Variety Performance Trial Report*) ou le site [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures) pour obtenir des renseignements à jour sur les cultivars résistants. Les traitements fongicides pour semences ne sont pas efficaces contre la nécrose racinaire précoce.

### POURRITURE BRUNE (*Phoma sclerotoides*)

**Incidence :** La pourriture brune a été confirmée en Ontario durant la saison de croissance 2007. Elle est probablement répandue dans la province. Elle survient le plus souvent dans des régions où l'hiver est rude. La maladie est souvent associée à une mortalité hivernale, au développement tardif des pousses printanières (sortie lente de la dormance hivernale) et à des pertes de rendement.

**Aspect :** La racine pivotante et les racines secondaires et/ou le collet présentent des lésions brunes (presque noires) enfoncées caractéristiques. Dans les cas graves, la racine pivotante est complètement pourrie. Le champignon n'infecte pas les parties aériennes des plants de luzerne.

**Cycle biologique :** L'agent pathogène responsable de la pourriture brune se développe bien lorsque la température du sol se situe à 15 °C ou moins. L'activité du champignon est donc maximale en automne et au printemps, quand les conditions environnementales sont propices à l'infection et que les plants sont en dormance. L'infection des racines et/ou des collets peut nuire à l'état de santé du plant au cours de l'hiver, favoriser l'apparition d'autres maladies et causer une mortalité hivernale, l'affaiblissement des peuplements et des pertes de rendement. Comme ce champignon se développe très lentement, les dégâts ne sont souvent pas visibles avant la deuxième ou la troisième année, lorsque les plants se rabougrissent ou meurent.

**Stratégies de lutte :** Aucun cultivar résistant n'est disponible pour l'Ontario. Les stratégies de lutte suivantes peuvent contribuer à limiter les pertes et à accroître la longévité des peuplements :

- éviter de procéder à la récolte d'automne durant la période critique (réduire le stress occasionné aux plants avant l'hiver);
- maintenir la fertilité des sols et procéder à une rotation avec d'autres espèces que la luzerne pendant au moins trois ans.

### Autres maladies du collet et des racines

La présence de facteurs de stress comme les maladies foliaires, les insectes, les récoltes fréquentes ou faites au mauvais moment, les rigueurs de l'hiver et un pH du sol peu élevé augmentent la sévérité des dommages causés par les pourritures des racines et du collet. La présence de facteurs de stress pendant la saison de croissance rend les plants plus sensibles aux rigueurs de l'hiver. De bonnes pratiques culturales, en particulier un bon calendrier de récolte et le maintien d'un bon niveau de fertilité et d'un pH convenable contribuent à réduire la gravité de la maladie. Il faut combattre les cicadelles dans la luzerne et éviter autant que possible d'endommager les collets avec le matériel. Les collets sont facilement abimés par la machinerie et par le piétinement du bétail, surtout lorsque le sol est mouillé.

### ANTHRACNOSE DE LA LUZERNE

(*Colletotrichum trifolii*)

### ANTHRACNOSE DU TRÉFLE (*Kabatiella caulivora*)

**Incidence :** Dans les champs de luzerne, l'anthracnose se manifeste principalement dans les parties de l'extrême sud-ouest de la province. Dans les champs de trèfle rouge, l'anthracnose possède une aire de distribution plus vaste. Les pertes de luzerne et de trèfle rouge dues à l'anthracnose peuvent atteindre jusqu'à 25 %.

**Aspect :** Bien que les symptômes puissent se manifester tant sur la tige que les feuilles, ce sont les dommages au collet qui sont les plus graves. Sur la tige des cultivars résistants apparaissent de petites lésions noires de forme irrégulière. Les lésions sur les cultivars vulnérables, quant à elles, sont larges, déprimées et ovales ou en forme de losange. Ces lésions ont un centre dont la couleur varie de chamois à jaune paille, bordé de brun foncé. Lorsque le champignon se reproduit, le centre des lésions apparaissant sur la tige des cultivars vulnérables renferme de petits organes de fructification noirs, visibles à l'œil nu ou avec une loupe. Dans le cas d'infections graves, les lésions se joignent et finissent par ceinturer complètement la tige, provoquant le flétrissement ou la mort de la tige. Les tiges et les feuilles (pousses) mortes deviennent blanches et ressemblent à un crochet. Comme ces symptômes sont observés ça et là dans les champs, on les confond souvent avec deux maladies (le rhizoctone noir et la fusariose vasculaire) ou des dommages causés par le gel.

Les dommages au collet se manifestent par une coloration bleu-noir des tissus du collet. Les plants touchés se brisent facilement à la base. Si le tissu affecté est brun pâle, il s'agit tout probablement du rhizoctone noir ou de la fusariose vasculaire (planche 141, p. 302) plutôt que de l'anthracnose. L'infection du collet réduit le nombre de tiges par plant et finit par tuer le plant.

Dans les champs de trèfle rouge, l'anthracnose du trèfle peut s'avérer très destructrice. En plus de la plupart des symptômes susmentionnés affectant la luzerne, la maladie peut entraîner le fendillement de la surface de la tige.

**Cycle biologique :** Ce champignon se développe sous des températures moyennes lorsque le temps est humide. Il survit dans les tiges, les feuilles ou les résidus infectés. Les spores produites au printemps sont disséminées par la pluie. La pluie fait éclabousser les spores sur les plants sains. Le champignon peut se transmettre d'un champ à l'autre, par exemple par l'intermédiaire du matériel agricole, du sol et de l'érosion due à l'eau.

**Stratégies de lutte :** Des cultivars dont la résistance varie de moyenne à élevée sont disponibles. Nettoyer le matériel de récolte entre les champs. La rotation des cultures a connu peu de succès dans les luzernières, mais elle fonctionne mieux dans les champs de trèfle rouge, dont la résistance n'est pas la même.

### Maladies foliaires

### TACHES COMMUNES (*Pseudopeziza medicaginis*)

### TACHES DE POIVRE

(*Leptosphaerulina trifolii* ou *L. briosiani*)

**Incidence :** De ces deux maladies foliaires qui sévissent en Ontario, la maladie des taches communes est la plus destructrice. Elle peut entraîner une défoliation précoce et réduire la qualité du fourrage ainsi que le rendement, la santé et la vigueur de la culture.

On peut confondre les taches de poivre avec les taches communes, car elles se présentent toutes deux au début comme de petits points noirs de 1 à 2 mm ( $\frac{1}{16}$  po) au centre chamois ou brun. Normalement, les taches sont entourées d'un halo jaune. Contrairement aux taches communes, les taches de poivre finissent par se joindre et former des lésions plus étendues (planche 142, p. 302).

**Aspect :** Ces maladies se manifestent d'abord sur les feuilles inférieures et progressent de bas en haut. Les taches communes sont de petites taches rondes de 1 à 2 mm ( $\frac{1}{16}$  po) de diamètre dont la couleur varie de brun à noir. Ces lésions se joignent rarement. Souvent, le centre des lésions sur le dessus des feuilles est surélevé. Ces centres contiennent des organes de fructification (bosses) noirs facilement visibles à la loupe. Pour s'en assurer, mettre quelques feuilles infectées dans un sac en plastique avec des essuie-tout mouillés de manière à accélérer la production de ces organes de fructification. Les feuilles touchées jaunissent (feuilles chlorosées) et tombent prématurément.

**Cycle biologique :** Comme le temps frais et pluvieux favorise le développement des taches, on les trouve principalement sur les feuilles des premières coupes (printemps et début de l'été) et des repousses (automne). Les champignons pathogènes survivent dans les feuilles infectées et sur les feuilles mortes tombées au sol. Les spores produites sur les feuilles vivantes et mortes sont portées par l'air vers de nouveaux sites d'infection. Les jeunes feuilles sont les plus vulnérables aux taches.

**Stratégies de lutte :** Il est important de récolter le fourrage en temps opportun pour réduire les pertes de feuilles et minimiser les attaques de la maladie dans la repousse. On trouve sur le marché certains cultivars tolérant les taches communes, mais il ne semble pas exister de cultivar affichant une résistance ou une tolérance aux taches de poivre. Il existe peu de stratégies pratiques de lutte contre les taches des feuilles dans les fourrages. Comme les taches des feuilles peuvent réduire la teneur en protéines des feuilles de légumineuses, il est important d'établir le moment de la récolte en fonction de la teneur optimale en protéines et de la progression de ces maladies.

## FLÉTRISSEMENT BACTÉRIEN

(*Clavibacter michiganensis*)

**Incidence :** Le flétrissement bactérien a toujours été l'une des maladies les plus sérieuses des fourrages, non seulement en Ontario, mais partout où l'on cultive des fourrages. Grâce à la mise au point de cultivars résistants, cette maladie est moins courante.

**Aspect :** Les symptômes du flétrissement bactérien se manifestent à mesure que le peuplement vieillit (trois ans ou plus). Les plants infectés sont rabougris et de couleur jaune-vert. Lorsque l'infection est grave, les plants ont une tige fileuse et de petites feuilles déformées, tandis que les plants stressés par l'eau, la chaleur ou les deux se flétrissent ou meurent ça et là dans le peuplement. En fait, la maladie stresse le plant et accroît sa vulnérabilité à la destruction par l'hiver. En coupant transversalement la racine pivotante en deux, on peut observer une coloration du tissu vasculaire allant du brun pâle au jaune près du pourtour.

**Cycle biologique :** Cette maladie causée par une bactérie du sol survit pendant au moins dix ans dans les racines de luzerne et les résidus de culture infectés. Elle pénètre les plants par les blessures sur les racines et le collet ou par les coupures sur les tiges. Comme la bactérie se développe dans le système vasculaire du plant, elle empêche ce dernier d'absorber de l'eau et des éléments nutritifs, ce qui le fait se flétrir.

**Stratégies de lutte :** Tous les cultivars recommandés sont résistants. Comme la maladie se répand par les blessures, il est conseillé de faucher d'abord les jeunes peuplements, moins vulnérables, pour ensuite passer aux plus vieux. Attendre que les peuplements soient secs pour les faucher. Cette précaution limite ou réduit la propagation éventuelle de la maladie des plants infectés aux plants sains. La bactérie peut se propager par les semences et le foin.

## VERTICILLIOSE (*Verticillium albo-atrum*)

**Incidence :** Dans la luzerne, la verticilliose est une maladie dont l'incidence s'accroît à mesure que le peuplement vieillit. Elle se manifeste principalement après la deuxième année de culture. On trouve le champignon responsable de cette maladie dans la plupart des régions du sud de l'Ontario. Il se peut que l'on observe dans les champs qui ont déjà été infectés par cette maladie des plants morts dans de jeunes peuplements (deuxième année). La verticilliose peut réduire le rendement de 50 % et abréger la vie du peuplement.

**Aspect :** Au début, seulement quelques tiges sont touchées. Tôt ou tard, les feuilles des plants infectés finissent par se flétrir, rouler vers l'intérieur et prendre une couleur orange-brun ou brun-chamois (altération de la couleur) (planche 143, p. 302). Dans les premiers stades de la maladie, les feuilles présentent un « V » jauni à l'extrémité des folioles. La croissance est souvent beaucoup retardée et les plantes finissent par mourir. Bien que toutes les feuilles puissent mourir, les tiges restent vertes. Le champignon pénètre le plant par la racine ou des tiges coupées et est propagé des vieux peuplements infectés vers les jeunes peuplements par le matériel de récolte, les insectes et les épandages de fumier. La maladie provoque le brunissement des tissus vasculaires des racines et des tiges. Pour observer ce phénomène, couper la tige.

**Cycle biologique :** Généralement, le champignon *Verticillium* pénètre le plant par les racines; il empêche les plants d'absorber de l'eau, ce qui entraîne leur flétrissement. Il hiverne dans les résidus de plants infectés et, par temps frais et humide, il produit de nombreuses spores sur les tissus infectés.

**Stratégies de lutte :** Le meilleur moyen de maîtriser cette maladie est d'utiliser des cultivars cotés résistants ou très résistants. Pour connaître les cotes des cultivars au regard de leur résistance à la verticilliose, se référer à l'édition courante du rapport sur le rendement des cultivars fourragers en Ontario (*Ontario Forage Crop Variety Performance Report*) disponible dans les centres de ressources du MAAARO et sur le Web, à [www.plant.uoguelph.ca/performance\\_recommendations/ofcc/ofcc.htm](http://www.plant.uoguelph.ca/performance_recommendations/ofcc/ofcc.htm). Le traitement fongicide des semences permet de réduire les infections précoces. Le champignon se répand principalement par l'intermédiaire de la barre de coupe des instruments de récolte des fourrages. Avant la récolte, il faut nettoyer la barre de coupe à l'aide d'une solution de 1 % d'eau de Javel suivie d'un rinçage à l'eau claire et d'une pulvérisation d'huile. Couper d'abord les champs les plus jeunes pour ensuite passer aux plus vieux. Récolter tôt peut limiter les pertes de rendement et de qualité, ainsi que ralentir la propagation du champignon d'un champ à l'autre. Attendre de deux à trois ans entre les récoltes de luzerne. Adopter un bon programme de lutte contre les mauvaises herbes, car certaines d'entre elles peuvent constituer des hôtes. Pour plus de renseignements, voir la fiche technique du MAAARO, *La flétrissure verticillienne de la luzerne*, commande n° 89-028, ou visiter le site du MAAARO, [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

## Maladies des céréales

### Maladies des plantules

#### POURRITURE DES SEMENCES, FONTE DES SEMIS ET POURRITURES DES RACINES

**Incidence et stratégies de lutte :** Voir sous *Généralités sur les pourritures des semences et maladies des plantules*, p. 227.

**Cycle biologique :** Des organismes qui colonisent les semences et le sol sont responsables de la pourriture des semences et de la fonte des semis en début de saison ainsi que de la carie du grain (planche 144, p. 302). Traiter à l'aide d'un fongicide toute la semence de blé, afin de maîtriser les maladies transmises par le sol



ou la semence, notamment les pourritures des semences, la fonte des semis, les maladies causées par *Septoria* et transmises par la semence, la fonte des semis causée par *Fusarium*, la carie naine, la carie commune et le charbon nu, qui sont transmis par la semence. La meilleure protection contre la fonte des semis, le charbon nu et les caries consiste à traiter les semences à l'aide d'une combinaison de fongicides, étant donné qu'aucun fongicide n'est réellement efficace contre toutes ces maladies. Un bon recouvrement des semences est indispensable à une efficacité optimale du traitement. Ces maladies continuent d'occasionner de lourdes pertes dans les champs où les semences ne subissent pas un traitement fongicide.

## FONTE DES SEMIS PIÉTIN FUSARIEN

(*F. culmorum*, *F. graminearum* et *F. avenaceum*)

**Incidence :** La fonte des semis causée par *Fusarium* peut avoir été transmise par la semence ou les résidus de culture. Un peuplement qui s'établit mal, une levée inégale, des trous dans le champ ou des manques sont les premiers symptômes d'une infection de la semence ou des plantules (depuis le moment des semis jusqu'à plusieurs semaines après la levée).

**Aspect :** Les semences pourrissent ou les plantules meurent avant leur levée. Les plantules qui lèvent sont jaunes et rabougries; leur collet, leurs racines ou la base de leur tige présentent une pourriture allant du brun au brun rouge. La tige peut comporter des stries brunes ou rougeâtres. Les lésions sont de forme et de taille variables et n'ont pas de pourtours définis. La maladie peut aussi frapper des plants plus vieux, ce qui cause une réduction du nombre ou de la taille des tiges qui viennent à maturité prématurément et qui comportent des épis blancs et ratatinés. Les plants infectés sont moins vigoureux.

**Cycle biologique :** Ces champignons infectent de nombreuses céréales, graminées et autres plantes, dont le maïs. Ils survivent dans les graines, dans les résidus de culture et dans le sol. Dans les céréales d'automne, ils envahissent le collet, les racines ou les gaines foliaires. À ce stade, ils peuvent provoquer la pourriture des semences et la fonte des semis. Au printemps, les lésions continuent de s'étendre, donnant lieu à la pourriture du collet, de la tige et des racines. Les sols humides à l'automne favorisent l'infection du plant, mais les sols secs et de fortes concentrations d'engrais azoté favorisent la progression de la maladie au printemps. Les champignons, surtout *F. graminearum*, infectent aussi les épis et contaminent les graines. La maladie risque de causer davantage de dégâts lorsque le blé suit le blé, l'orge ou le maïs.

**Stratégies de lutte :** Retarder les semis jusqu'au moment où les conditions sont favorables à une levée rapide et uniforme. Maintenir un programme de fertilisation équilibré. Il existe des traitements des semences à base de fongicides qui sont très efficaces contre les agents pathogènes transmis par les semences ou par le sol. Les autres stratégies de lutte consistent à utiliser des cultivars tolérants et à semer des graines exemptes de ces maladies. Inscrite le blé dans une rotation sur au moins trois ans étant donné que les agents pathogènes peuvent survivre dans les résidus de blé. Éviter de semer du blé après du maïs.

## PIÉTIN BRUN (*Pythium* spp.)

**Incidence :** Les dommages causés au blé par le piétin brun sont fréquents en Ontario. Il s'agit de l'une des principales maladies qui affectent les plantules des petites céréales. Plusieurs espèces appartenant au genre *Pythium* s'attaquent aux petites céréales et, même si *Pythium* est présent dans tous les sols, les pertes les plus grandes surviennent dans les sols argileux froids et détrempés. *Pythium* (comme *Phytophthora*) cause une pourriture aqueuse qui est favorisée par un milieu mouillé et saturé d'eau. L'infection est donc étroitement liée au taux d'humidité du sol et à sa teneur en argile. Plus le sol est détrempé et plus il renferme d'argile, plus les risques d'infection sont grands. *Pythium* produit des spores mobiles qui migrent dans l'eau pelliculaire du sol.

**Aspect :** Même si l'infection gagne d'abord l'embryon un ou deux jours après les semis, les plantules en meurent rarement. Les plants infectés paraissent rabougri et ont de petites feuilles allant du vert pâle au jaune. Ces symptômes laissent souvent croire à tort à une carence nutritive. Souvent, les symptômes peuvent du reste passer inaperçus jusqu'au printemps, moment où les plants non infectés commencent à croître rapidement. Les racines infectées sont brun clair et comportent peu de poils absorbants, sinon aucun. L'infection commence à la pointe des racines et détruit les poils absorbants et les radicelles fines, qui jouent un rôle primordial dans l'absorption des éléments nutritifs. Les plants atteints se trouvent souvent par plaques et ont un aspect maladif. Il arrive que les plants gravement atteints se brisent au niveau du sol.

**Cycle biologique :** Les champignons survivent dans le sol et dans les résidus de végétaux. Ils produisent des spores qui, en se déplaçant dans l'eau pelliculaire du sol, envahissent les racines du blé. Certaines espèces sont plus dévastatrices dans les sols chauds, tandis que d'autres préfèrent les sols froids. Les dégâts causés sont moins importants lorsque la teneur du sol en phosphate est propice au bon développement des racines.

**Stratégies de lutte :** Minimiser le compactage du sol et débarrasser le sol de l'excès d'eau par un drainage accru. Les traitements des semences contenant du métalaxyl ou du métalaxyl-M peuvent réduire les infections. Retarder les semis jusqu'à ce que les conditions de sol assurent une levée rapide et uniforme.

## PIÉTIN-ÉCHAUDAGE (*Gaeumannomyces graminis*)

**Incidence :** Le piétin-échaudage est une maladie fongique qui peut infecter le blé, l'orge, le seigle, diverses graminées et, dans une moindre mesure, l'avoine.

**Aspect :** Le piétin-échaudage se manifeste habituellement au stade de l'épiaison lorsque les épis, les tiges et les feuilles des plants gravement atteints blanchissent prématurément (planche 145, p. 303). Il ne faut que deux ou trois jours pour que les tiges blanchissent. Les plants atteints sont groupés en plaques circulaires de un à plusieurs mètres de diamètre, ou se retrouvent de manière isolée ou par petits groupes dispersés à la grandeur du champ. Bien des plants semblent de moyennement



à gravement rabougris et portent peu de talles. Les épis blanchis (épis blancs ou morts) sont normalement stériles et apparaissent habituellement de trois à cinq semaines avant la récolte. Des épis blancs peuvent par ailleurs être attribuables à d'autres facteurs que le piétin-échaudage. Des moisissures de couleur sombre ont tendance à croître sur les épis blancs, particulièrement par temps pluvieux. Le blanchiment à peine perceptible se manifeste par suite d'une infection par une maladie des racines, du collet et de la base de la tige.

Les racines des plants atteints sont éparpillées, noircies et cassantes. La pourriture sombre s'étend souvent au collet et à la base de la tige. L'enlèvement de la gaine foliaire la plus basse révèle sur la tige une couche foncée et luisante de champignons qui se gratte facilement. Les tiges affaiblies penchent ou versent en différentes directions comme dans le cas du piétin-verse. La maladie est souvent confinée aux racines. Aucun symptôme n'apparaît alors sur les collets, les tiges, ni les épis. Le champignon responsable du piétin-échaudage dans le blé produit des spores à l'intérieur de minuscules structures noires (périthèces) sur la gaine foliaire de la feuille du bas et sur les résidus de chaume à la surface du sol.

**Cycle biologique :** Les résidus de culture infestés qui restent dans le sol sont la principale source de champignons. Ceux-ci survivent le mieux dans les résidus lorsque la teneur du sol en azote est élevée. Des filaments bruns mycéliens se forment dans les résidus, dans le sol et à la surface des racines, du collet et des tiges. Le champignon se propage d'un plant à l'autre par les « ponts » que forment les racines. Il est souvent possible de voir à la loupe les filaments bruns sur les racines. Ceux-ci sont présents même lorsque les racines restent blanchâtres. Les racines noircissent après que le champignon y a pénétré. Une pourriture sèche brunâtre se forme sur les collets et les tiges envahies.

La gravité du piétin-échaudage augmente généralement au fur et à mesure que le pH s'élève et que la fertilité du sol (surtout les concentrations d'azote et de phosphore) diminuent. Les sols détrempés, surtout au printemps et au début de l'été, sont très propices à cette maladie. Le compactage du sol aggrave le piétin-échaudage qui est par ailleurs davantage favorisé par du temps frais (12-18 °C) que par du temps doux. La maladie est plus grave lorsque le blé est semé tôt que lorsqu'il est semé près de la fin septembre ou en octobre. Dans les monocultures de blé, le piétin-échaudage prend de plus en plus d'ampleur les trois à cinq premières années, mais décline par la suite. Cette maladie prédispose le blé à souffrir d'un stress hydrique, surtout en juin et en juillet.

**Stratégies de lutte :** Surveiller de près la fertilité du sol. Des sols allant de neutres à alcalins et des sols pauvres sont plus à risque. Ne pas épandre de chaux avant les semis. Les sols carencés en potassium et en phosphore rendent les plants plus vulnérables en raison de la mauvaise croissance des racines. L'azote des nitrates augmente la gravité de la maladie. Maîtriser les graminées et éviter les semis hâtifs. Pratiquer une rotation sur trois ans et éviter que le blé ne suive le blé.

## Maladies des feuilles et des tiges

### PIÉTIN-VERSE (*Tapesia yellundae*)

### RHIZOCTONE OCELLÉ (*Rhizoctonia cerealis*)

**Incidence :** Les champignons responsables de ces maladies peuvent infecter de nombreuses cultures. Les maladies qu'ils apportent deviennent problématiques dans les champs où les régions où les cultures céréalières prédominent et où les conditions de croissance sont fraîches et humides.

**Aspect :** Le piétin-verse et le rhizoctone ocellé produisent des lésions sur les gaines foliaires inférieures et les tiges de la plupart des céréales (planche 146, p. 303). Le blé d'automne est plus sensible que les céréales de printemps. Au printemps, les deux maladies produisent des lésions elliptiques en forme d'œil sur les entrenœuds inférieurs près de la ligne de sol. Ces lésions ont une bordure brun foncé et un cœur chamois ou couleur paille.

Il est difficile de faire la distinction entre les deux maladies. Les taches de rhizoctone ocellé sont plus superficielles et leurs pourtours sont nettement définis. Les plants infectés par le piétin-verse présentent un feutre mycélien dans la cavité de la tige à sa base. Dans les cas graves, les plants infectés par ces maladies peuvent verser, plier ou casser à la ligne de sol en raison de l'affaiblissement de la tige dans les zones entourant les lésions. Ces maladies se manifestent aussi par des baisses de rendement, des épis blancs et la mort des talles.

**Cycle biologique :** Le champignon du piétin-verse survit dans les résidus de végétaux infectés pendant trois ans ou plus et prolifère dans des conditions fraîches et humides. Le champignon du rhizoctone ocellé survit dans le sol et sur les résidus de culture infectés. Cette maladie frappe plus durement dans les sols légers, secs et acides les printemps frais. Du temps sec à l'automne et au printemps favorise le développement du rhizoctone ocellé.

**Stratégies de lutte :** Éviter de semer des céréales deux années d'affilée, l'idéal étant de laisser au moins deux ans entre les cultures de céréales. Les pratiques qui enfouissent le chaume dans le sol réduisent efficacement la gravité du piétin-verse. Cette maladie peut être grave lorsque le chaume reste à la surface. Le rhizoctone ocellé peut être grave lorsque les semis sont hâtifs et profonds. Des traitements des semences à l'aide de fongicides peuvent réduire les pertes.

### MOISSISSURES NIVÉALES (*Microdochium nivale*, *Typhula* spp.)

**Incidence :** Même si les moisissures nivéales ne se manifestent que sous des conditions environnementales particulières, elles sont présentes à des degrés divers chaque année. Elles frappent plus durement les années où une couche de neige apparaît tôt à l'automne (mi-novembre) et persiste jusqu'à la fin de mars ou jusqu'en avril.

**Aspect :** Les symptômes des moisissures nivéales se manifestent peu après la fonte des neiges. Des plants isolés, des groupes de plants ou de larges superficies peuvent être atteints. La maladie se reconnaît d'abord et avant tout aux plants morts qui sont visqueux, bruns et pourris (planche 147, p. 303). Le blé semé tôt

est habituellement touché étant donné qu'une croissance végétative luxuriante favorise l'infection et contribue à la propagation de la maladie d'un plant à l'autre. Les plants qui ne meurent pas (c.-à-d. ceux qui sont d'apparence saine) peuvent présenter une ou de nombreuses feuilles qui sont totalement ou partiellement nécrosées (c.-à-d. dont les pointes sont brunes). Les symptômes sont plus prononcés dans les zones du champ qui ont reçu une épaisse couche de neige, notamment sur les pourtours du champ, dans les tournières et au bas des collines. Les dommages typiques causés par l'hiver dans le blé et attribuables à d'autres causes se manifesteront vraisemblablement dans les zones où la neige ne s'est pas accumulée ou qui ont été couvertes de glace. Les symptômes sont prononcés dans les champs ensemencés avec de la semence non traitée ou de mauvaise qualité. Du temps doux et sec au printemps freine la maladie et favorise une croissance rapide des plants. Les plants lourdement endommagés se remettent souvent de la maladie avec peu de répercussions sur le rendement, sinon aucune.

**Cycle biologique :** Le groupe de champignons qui causent les moisissures nivéales tolèrent les basses températures et se multiplient sous une épaisse couche de neige. Des couches de neige de plus de 30 cm (12 po) isolent le sol et l'empêchent de geler tout en maintenant la température à la surface du sol à 0 °C ou tout juste au-dessus. Dans ces conditions, la photosynthèse est considérablement réduite et le plant de blé en croissance n'a pas le choix que d'utiliser les glucides et protéines en réserve pour survivre. Le plant subit donc un stress et est plus vulnérable aux maladies, en particulier aux moisissures nivéales.

**Stratégies de lutte :** Aucun cultivar de blé d'automne n'est résistant et les cultivars n'affichent pas tous la même tolérance. Les traitements des semences sont très efficaces contre les moisissures nivéales, mais un bon recouvrement est indispensable. Les années où les moisissures nivéales causent des réductions considérables de la densité de peuplement, il faut reensemencer le champ d'une céréale de printemps ou de soya. La maladie n'affecte pas les céréales semées au printemps.

#### **ROUILLE DES FEUILLES (*Puccinia triticiniae*)**

#### **ROUILLE DES TIGES (*Puccinia graminis*)**

#### **ROUILLE JAUNE (*Puccinia striiformis*)**

**Incidence :** Divers types de rouille affectent le blé et l'orge. Les trois types de rouille qui affectent le blé sont la rouille des feuilles, la rouille des tiges et la rouille jaune (voir le tableau 14-3, *Comparaison des principales rouilles des petites céréales en Ontario*, sur cette page). Des trois, la rouille des feuilles est la plus courante. Elle se manifeste à des degrés divers chaque année et menace principalement la production de petites céréales. La rouille des tiges, malgré son recul, peut être un problème grave lorsque de petites céréales sont cultivées près de broussailles d'épine-vinette. Une nouvelle rouille des tiges menace la production de blé dans d'autres régions du monde. L'incidence de la rouille jaune a augmenté au cours des dernières années, mais cette augmentation est étroitement liée aux conditions environnementales présentes en début de saison. La plupart des années, les pertes de rendement associées aux trois types de rouille sont faibles, car la maladie se développe souvent une fois que le blé d'automne est presque parvenu à maturité. Plus l'infection se manifeste hâtivement, plus cela nuit au rendement.

**Tableau 14-3.** Comparaison des principales rouilles des petites céréales en Ontario

	<b>Rouille des feuilles</b>	<b>Rouille jaune</b>	<b>Rouille des tiges</b>
Organes atteints	feuilles	feuilles et épis	tiges et feuilles
Couleur de la lésion (pustule)	orangé	jaune	rouge foncé
Forme de la lésion	simple	rayures	simple
Fourchette de températures	15–27 °C	12–21 °C	18–30 °C
Fréquence en Ontario	annuelle; sévérité variable	croissante depuis 2 ans	très faible

**Aspect :** La rouille des feuilles affecte le limbe et la gaine foliaire, tandis que la rouille des tiges peut se développer sur les feuilles, les gaines foliaires, la tige et les épis. La rouille des feuilles se manifeste d'abord par l'apparition de petites pustules jaune-brun qui renferment des spores allant du orangé au brun orangé (planche 148, p. 303). Dans la plupart des cas, l'infection apparaît sur le dessus des feuilles et des gaines foliaires. Dans les cas graves, les feuilles jaunissent et brunissent. Dans les céréales de printemps, les champs semés tard sont plus vulnérables à cette maladie. Parmi les cultivars de blé d'automne, ce sont ceux qui parviennent à maturité tardivement qui sont les plus à risque.

La rouille des tiges se manifeste d'abord par l'apparition de taches brun rougeâtre sur les deux faces des feuilles, la tige et les épis (planche 149, p. 303). Quand les taches s'étendent, elles éclatent et libèrent des spores dans l'air. La surface des tissus paraît alors déchiquetée.

**Cycle biologique :** Le champignon responsable de la rouille des tiges a besoin de l'épine-vinette pour compléter son cycle biologique. Le champignon responsable de la rouille des feuilles, par contre, hiverne rarement dans la province; il est porté par les vents orageux en provenance des plants infectés des régions productrices de blé du sud des États-Unis et du Mexique. La plupart des années, les spores de la rouille des feuilles arrivent tard (après la floraison) et engendrent donc peu de pertes économiques. Ces maladies frappent plus durement lorsque les températures sont douces (20–28 °C le jour, et 16–22 °C la nuit) et que la culture est soumise à des rosées fréquentes du stade sortie de la feuille de l'épi à la floraison (stades 37 à 71 sur l'échelle de Zadok).

Contrairement à la rouille des feuilles et à la rouille des tiges, la rouille jaune n'a pas besoin d'un hôte intermédiaire pour compléter son cycle biologique. En plus du blé, ses hôtes comprennent de nombreuses graminées telles que le seigle, l'orge et de nombreuses graminées vivaces qui lui servent de réservoir. L'agent responsable de la rouille jaune n'hiverne pas en Ontario et, parmi les agents responsables des trois types de rouille, c'est lui qui préfère les températures plus fraîches. L'évolution de la rouille jaune est favorisée par un printemps précoce ou une période prolongée de temps frais (de 10 à 15 °C et des feuilles qui restent mouillées).

**Tableau 14-4.** Comparaison des maladies causées par le virus de la jaunisse nanisante de l'orge, le virus de la mosaïque à *Polymyxa* du blé et le virus de la mosaïque striée du blé

Virus	Transmission	Principaux symptômes	Hôtes additionnels
Virus de la jaunisse nanisante de l'orge	Pucerons	Chlorose générale, coloration rouge ou violacée, rabougrissement	Orge, avoine, maïs, sorgho, millet, graminées
Virus de la mosaïque à <i>Polymyxa</i> du blé	Champignon terricole ( <i>Polymyxa graminis</i> )	Mosaïque vert-jaune, rabougrissement, formation de rosettes	Seigle, orge, graminées, sorgho
Virus de la mosaïque striée du blé	Champignon terricole ( <i>Polymyxa graminis</i> )	Mosaïque jaune-vert, bigarrures, filosité	Seigle, orge

**Stratégies de lutte :** Éliminer l'hôte intermédiaire, l'épine-vinette, pour réduire l'incidence de la rouille des tiges. Utiliser dans la mesure du possible des cultivars résistants. Comme la rouille des feuilles apparaît habituellement en premier sur les deux feuilles du haut, il est important, au cours des opérations de dépistage, de surveiller les signes de la maladie sur la deuxième feuille en partant du haut du plant, et ce, avant la sortie de l'épi, et la feuille de l'épi durant la sortie de l'épi. Traiter les feuilles à l'aide de fongicides foliaires lorsque la feuille de l'épi compte 5–10 pustules ou que 1 % de la zone de la feuille de l'épi est touché (de la sortie de l'épi jusqu'à la fin de la floraison) et que du temps humide et pluvieux s'annonce. Le fait de semer les céréales de printemps tôt permet aux plants de parvenir à maturité avant que les niveaux d'inoculum ne soient élevés. Dans l'avoine, la rouille couronnée est liée à la présence de nerprun commun qui est l'hôte intermédiaire de l'agent pathogène.

### JAUNISSE NANISANTE DE L'ORGE

**Incidence :** On dit de la jaunisse nanisante de l'orge qu'elle est la maladie virale des céréales la plus largement répandue et la plus dévastatrice. Le virus de la jaunisse nanisante de l'orge infecte une vaste gamme d'hôtes appartenant à la famille des graminées, dont le blé, l'avoine et l'orge. De ces trois céréales, l'avoine est considérée comme étant la plus sensible.

**Aspect :** Les premiers symptômes sont le rabougrissement du plant accompagné de la coloration jaune, rouge ou violacée de la pointe des feuilles (planche 150, p. 303). La jaunisse nanisante de l'orge est souvent confondue avec des carences nutritives, des désordres liés à des facteurs environnementaux ou d'autres maladies virales, comme celles qui sont causées par le virus de la mosaïque striée du blé et le virus de la mosaïque à *Polymyxa* du blé (voir le tableau 14-4, *Comparaison des maladies causées par le virus de la jaunisse nanisante de l'orge, le virus de la mosaïque à Polymyxa du blé et le virus de la mosaïque striée du blé*, sur cette page). Il est très difficile d'identifier les maladies à virus et il faut s'en remettre à des analyses sérologiques précises. L'idéal est de transmettre des échantillons à un laboratoire de diagnostic offrant de telles analyses.

**Cycle biologique :** Le virus de la jaunisse nanisante de l'orge est transmis uniquement par les pucerons. Plusieurs espèces de

pucerons ont été identifiées comme vecteurs de cette maladie, notamment le puceron vert des graminées, le puceron du maïs, le puceron des céréales et le puceron du merisier à grappes. Les pucerons causent des dommages en s'alimentant, étant donné qu'ils se nourrissent directement de la sève de leurs hôtes et qu'ils les privent des éléments nutritifs dont ils ont besoin pour croître. Le contact avec la sève des végétaux fait des pucerons les vecteurs parfaits pour le virus de la jaunisse nanisante de l'orge. Les plants infectés par ce virus se trouvent par plaques de 1–2 m (6 pi 6 po) de diamètre, mais peuvent aussi être distribués uniformément à la grandeur du champ si les pucerons y pullulent partout. Les pertes de rendement sont très étroitement liées au stade de la culture où se produit l'infection. En général, les pertes sont plus importantes lorsque l'infection se propage aux jeunes plantules à l'automne (> 30 %) plutôt qu'au printemps.

**Stratégies de lutte :** Il existe peu de méthodes de lutte. Dans les céréales d'automne, la meilleure stratégie consiste à éviter de semer tôt. Les semis hâtifs laissent en effet plus de temps aux pucerons pour infecter les plants à l'automne. Les dates de semis optimales ou recommandées pour le blé d'automne tiennent compte des dommages causés par le virus de la jaunisse nanisante de l'orge et par la mouche de Hesse, et visent l'obtention d'un plant vigoureux qui affichera un maximum de rusticité hivernale. Voir la figure 4-4, *Dates de semis optimales du blé d'automne en Ontario*, p. 93. Le fait de semer plus tôt, les automnes doux permet aux pucerons de survivre plus longtemps qu'à l'habitude. Les semis hâtifs constituent un avantage dans les céréales de printemps. Les pulvérisations de produits chimiques visant à enrayer les vecteurs que sont les pucerons ne sont ni pratiques, ni économiques, car le dépistage des pucerons est très difficile. Quand les populations de pucerons atteignent des niveaux où ils sont visibles, la transmission du virus a fort probablement déjà commencé. Les pulvérisations préventives ne sont pas non plus rentables étant donné que cette maladie est difficile à prévoir.

### MOSAÏQUE À POLYMYXA DU BLÉ MOSAÏQUE STRIÉE DU BLÉ

**Incidence :** Le virus de la mosaïque à *Polymyxa* du blé et le virus de la mosaïque striée du blé sont souvent pris l'un pour l'autre étant donné qu'ils produisent les mêmes symptômes, ont le même cycle biologique et présentent le même schéma dans le champ. Il arrive par ailleurs que les deux virus soient présents dans le même champ.

**Aspect :** Les symptômes typiques de la mosaïque à *Polymyxa* du blé sur les feuilles de blé sont une mosaïque d'îlots verts ou de taches sur fond jaune. Les symptômes foliaires typiques de la mosaïque striée du blé sont des stries de jaune à vert pâle qui sont parallèles aux nervures des feuilles. Les stries sont souvent fuselées, ce qui donne aux lésions l'aspect de filosités. Ces symptômes se distinguent des lésions causées par le virus de la mosaïque à *Polymyxa* du blé qui forment plutôt des taches. Le virus de la mosaïque striée du blé peut aussi causer le rabougrissement des plants et nuire au tallage des plants infectés.

**Cycle biologique :** Il n'est pas rare de trouver de nombreux plants qui sont infectés par les deux virus, étant donné que ceux-ci sont propagés par le même vecteur. Le lien commun

est un champignon terricole appelé *Polymyxa graminis*. Ce champignon produit des zoospores (spores mobiles dans l'eau) qui envahissent les poils absorbants et les cellules épidermiques des jeunes plants durant les périodes où le sol est fortement chargé d'humidité ou dans les zones basses et détrempées du champ. Le virus est transmis aux plants par les zoospores. Le champignon peut demeurer dans le sol pendant au moins huit ans. L'important n'est pas tant de déterminer lequel des deux virus est présent, mais bien de déterminer que les symptômes ne sont pas attribuables à d'autres causes (champignons, bactéries ou autres). Les champs à risque sont ceux qui ont servi à plusieurs reprises à la culture du blé d'automne au cours des huit à dix dernières années. Les pertes de rendement s'échelonnent de 5 à 40 %, mais en général elles sont faibles. Les symptômes apparaissent habituellement tôt au printemps lorsque la croissance reprend. La température optimale pour l'apparition des symptômes va de 5 à 15 °C.

**Stratégies de lutte :** Comme le champignon qui est le vecteur des deux virus peut survivre de nombreuses années dans le sol, la rotation des cultures ne permet pas toujours de combattre la maladie. L'inoculum du virus de la mosaïque striée du blé semble moins important dans les champs qui ont reçu au fil des ans d'abondants épandages de fumiers de volaille et de bétail.

#### OÏDIUM (BLANC) (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*)

**Incidence :** Le blanc est une maladie fréquente des végétaux qui peut causer des dommages lorsqu'elle est présente dans les champs de blé et d'orge. Les cultivars de blé n'ont pas tous la même vulnérabilité à cette maladie. Les répercussions sur le rendement des infections par le blanc sont difficiles à prévoir. La maladie prive la plante des éléments nutritifs et réduit la capacité photosynthétisante de la feuille. Les pertes de rendement sont généralement minimales lorsque les infections se font tôt, à moins que le temps ne reste frais et humide. Les infections par le blanc qui atteignent la feuille de l'épi et la deuxième feuille sont plus graves. La santé des deux feuilles du haut détermine le calibre, le poids spécifique et le rendement du grain. Les pertes dues au blanc peuvent aller de 2 à 30 % du rendement total. Il est rare en Ontario que les pertes dépassent les 10 ou 15 %.

**Aspect :** Le symptôme caractéristique du blanc est le feutre mycélien duveteux qui va de blanc à gris et qui se forme souvent d'abord sur les feuilles du bas (planche 151, p. 304). Lorsque les conditions sont favorables à l'infection, celle-ci peut se propager rapidement vers le haut, sur les feuilles du plant, les gaines foliaires, la tige et les épis. Les feuilles affichent alors des stries jaunes allongées ou des zones qui peuvent brunir et mourir prématurément. Les plants gravement atteints peuvent verser ou souffrir d'un mauvais remplissage des grains. Les zones gris pâle plus vieilles du feutre mycélien sont souvent ponctuées de petites taches noires. Le duvet qui va de blanc à gris pâle est surtout perceptible au petit matin lorsque les plants sont encore mouillés. L'infection est superficielle et la prolifération fongique est facile à enlever avec les doigts ou un couteau.

**Cycle biologique :** Le champignon survit dans les résidus de culture, comme la paille ou le chaume, les plantules de blé

d'automne semé en automne, les repousses de céréales et de blé. Les spores qui sont libérées sont essentiellement disséminées par le vent. Les spores ont besoin d'un taux d'humidité relative frôlant les 100 % et de températures entre 15 et 21 °C. Un peuplement dense et une culture vigoureuse peuvent nuire à l'assèchement des feuilles et créer des conditions propices au blanc. L'agent pathogène est très sensible aux conditions météorologiques qui fournissent un milieu sec à la culture, notamment des jours chauds, secs et ensoleillés. Le blanc sévit particulièrement dans les champs ayant reçu de fortes doses d'azote. Non seulement l'azote favorise-t-il le tallage, mais il donne également des peuplements denses et augmente de ce fait la vulnérabilité de la culture. Faire le dépistage du blanc dans les champs qui ont reçu plus de 78 kg d'azote/ha (70 lb/ac). La propagation du blanc s'arrête dès que les températures atteignent plus de 25 °C.

**Stratégies de lutte :** Dans la plupart des cas, le blanc a peu de répercussions sur le seigle ou l'avoine, étant donné que ces cultures y sont très résistantes. Dans les zones fortement infectées par le blanc, utiliser des cultivars de blé d'automne résistants (tolérants). L'enlèvement des résidus de culture par le travail du sol conjugué à la pratique d'une rotation des cultures qui délaisse la culture du blé ou d'autres céréales sensibles pendant au moins deux ans peuvent contribuer à réduire l'incidence de la maladie. Des applications foliaires de fongicides sont nécessaires lorsque les niveaux d'infection risquent d'entraîner des pertes de rendement. Les seuils établis pour les applications de fongicides diffèrent selon l'âge de la culture. La maîtrise du blanc en début de saison est justifiée à partir du moment où l'infection atteint 5–10 % de la surface des feuilles du bas. Ce traitement peut réduire l'ampleur de la maladie par la suite. Plus tard dans la saison, les symptômes du blanc sur la feuille de l'épi (1 % de la surface de la feuille atteinte) et sur la deuxième feuille (3–5 % de la surface de la feuille) exigent une intervention immédiate, surtout si l'on annonce une période prolongée de pluie ou de temps humide.

#### Maladies de l'épi et du grain

##### TACHES SEPTORIENNES (*Septoria tritici*) MOUCHETURE ET TACHE DES GLUMES (*Stagonospora nodorum*)

**Incidence :** Les taches septoriennes et la tache des glumes sont deux maladies causées par des espèces différentes de champignons appartenant à des genres apparentés. Les deux maladies ont des répercussions économiques. Elles frappent la plupart des petites céréales et bien des graminées, mais le blé est le seul hôte important parmi les cultures commerciales.

**Aspect :** La maladie des taches septoriennes s'attaque uniquement aux feuilles, tandis que la tache des glumes s'attaque à la fois aux feuilles et aux glumes. Au début, les taches septoriennes apparaissent comme de petites taches qui vont de vert pâle à jaune entre les nervures des feuilles du bas (planche 152, p. 304). Ces taches s'allongent pour former des lésions brun rougeâtre. À l'intérieur de ces lésions, on peut facilement observer à la loupe les pycnides, organes de fructification du champignon, qui vont du brun foncé au noir.



La tache des glumes apparaît après que les épis sont sortis. Elle est favorisée par des conditions douces et humides. De petites taches ovales, irrégulières, allant du gris au brun, apparaissent sur les feuilles et des zones brun violacé se forment sur les glumes (planche 153, p. 304). Les zones atteintes sont également ponctuées de petites pycnides noires. La présence des pycnides est un élément important du diagnostic qui permet de distinguer les taches septoriennes et la tache des glumes d'autres maladies foliaires.

**Cycle biologique :** Les champignons du genre *Septoria* survivent dans les semences, la paille, le chaume ou les repousses de blé. Ils sont favorisés par des conditions pluvieuses ou humides et des températures modérées. Avec l'oïdium, les maladies foliaires causées par *Septoria* sont souvent les premières à se manifester au printemps du fait que le temps frais, humide et pluvieux leur est favorable. Même si les grandes chaleurs limitent la propagation des deux pathogènes, *Stagonospora* peut tolérer des températures légèrement supérieures à celles que tolère *Septoria*. Des périodes de pluie prolongée en mai et au début de juin ont pour effet d'accroître l'incidence de la maladie. Les phases foliaires des deux maladies progressent normalement de bas en haut. Le stade où la tache des glumes se manifeste sur les glumes, par contre, ne progresse pas à la verticale dans le feuillage, mais se propage rapidement dans le champ n'infectant que les épis.

**Stratégies de lutte :** La rotation avec des cultures autres que des céréales, l'enfouissement des résidus de céréales et l'enlèvement du blé spontané réduiront la survie de ces champignons. Malheureusement, la plupart des années, les quantités de spores sont suffisantes pour déclencher la maladie si les conditions environnementales lui sont favorables. Des programmes de fertilisation équilibrés sont importants puisque de fortes doses d'engrais et des semis hâtifs peuvent donner un feuillage dense avant l'hiver, ce qui expose davantage les plants à ces maladies. Dans le blé d'automne, la maladie des taches septoriennes peut se développer sous la couche de neige. Utiliser de la semence de bonne qualité qui a été traitée avec un fongicide afin de prévenir les infections transmises par les semences. Les cultivars courants affichent une tolérance limitée. Les fongicides foliaires combattent efficacement les taches septoriennes et la tache des glumes. Les seuils d'intervention varient selon le stade de croissance du blé. Des applications sont justifiées lorsqu'on trouve une ou deux lésions (couvrant 1 % de la surface de la feuille) sur la première feuille se trouvant sous la feuille de l'épi et ce, jusqu'au moment du gonflement, ou lorsqu'on trouve une ou deux lésions (couvrant 1 % de la surface de la feuille) sur la feuille de l'épi au moment de l'épiaison (floraison).

### TACHES BRONZÉES (*Pyrenophora tritici-repentis*)

**Incidence :** Les pratiques de travail réduit du sol contribuent à une augmentation de l'incidence des taches bronzées dans la province. Les pertes économiques associées à cette maladie ne sont toutefois pas considérables. Cependant, cette maladie est souvent confondue avec les taches septoriennes. Or, des erreurs de diagnostic peuvent entraîner des applications inutiles de fongicides foliaires. L'orge et l'avoine sont beaucoup plus tolérantes aux taches bronzées que le blé.

**Aspect :** La tache bronzée se manifeste d'abord sur les feuilles du bas sous forme de petites mouchetures chamois-brun qui

grossissent pour former des taches ovales ou circulaires de couleur chamois, de 5–15 mm ( $\frac{1}{4}$ – $\frac{3}{4}$  po) entourant un petit point central brun foncé. Un halo jaune clair entoure les lésions couleur chamois. L'idéal pour observer les lésions est de tenir la feuille à contre-jour.

**Cycle biologique :** Le champignon survit sur les résidus de blé. Des périodes prolongées de temps frais, couvert et humide en début de saison sont propices à la propagation de la maladie. Les spores sont disséminées par le vent.

**Stratégies de lutte :** La plupart des cultivars de blé sont sensibles aux taches bronzées. Il faut donc inclure dans la rotation des cultures qui ne servent pas d'hôtes à ce pathogène, notamment d'autres céréales, du maïs, du soya et de la luzerne.

### CHARBON NU (*Ustilago tritici*)

**Incidence :** Par le passé, le charbon nu comptait parmi les maladies les plus dévastatrices du blé et de l'orge en Ontario. Les traitements des semences à base de fongicides permettent aujourd'hui de maîtriser très efficacement cette maladie. L'emploi de semences de blé infectées et non traitées amène des pertes de rendement de 10–30 %.

**Aspect :** Les grains sont remplacés par des masses de spores sèches et noires, visibles peu après la sortie des épis (planche 154, p. 304). Avec le temps, il ne reste plus que des épis nus. Les plants infectés paraissent normaux jusqu'au moment de l'épiaison.

**Cycle biologique :** Le champignon qui cause la maladie survit dans les grains de blé infectés et infecte par la suite les plants en croissance. Le champignon s'installe dans toute la plante et finit par infecter l'épi et à remplacer les grains. Les spores sont disséminées par le vent et infectent les plants adjacents. Les semences infectées paraissent normales et ne peuvent être distinguées de celles qui sont saines. Le blé et l'orge sont les hôtes principaux, tandis que l'avoine et le seigle sont assez tolérants.

**Stratégies de lutte :** Semer de la semence sélectionnée préalablement traitée au moyen d'un traitement des semences renfermant un fongicide systémique.

### FUSARIOSE DE L'ÉPI (*Fusarium graminearum*)

**Incidence :** La fusariose de l'épi est l'une des maladies les plus répandues des petites céréales en Ontario. Ces dernières années, d'importants foyers d'infection se sont déclarés là où le temps a été doux et pluvieux entre le stade de la floraison et le stade pâteux mou. En plus de comporter des risques de pertes de rendement considérables, la fusariose peut produire des mycotoxines dangereuses pour le bétail.

**Aspect :** Les symptômes de la fusariose de l'épi sont décelables peu après la floraison. Les épillets atteints (glumes et fleurons) semblent avoir mûri (blanchi) prématurément par comparaison aux épis sains qui sont verts. Le champignon peut s'attaquer à la totalité ou à une partie de l'épi. Le blanchiment des épis causé par la fusariose de l'épi apparaît de trois à cinq jours après l'infection. L'épi au complet peut être détruit lorsque le col (dernier entre-nœud de la tige qui supporte l'épi) est infecté



(planche 155, p. 304). Par temps doux et humide, le champignon produit un anneau de spores allant du saumon au rose à la base de l'épillet ou dans le sillon du grain. Si les conditions se maintiennent, l'infection peut se propager aux grains adjacents. Les grains infectés sont habituellement ratatinés, plissés et légers. Ces grains ont un aspect rugueux et galeux et peuvent être brun clair, rose ou blanc grisâtre. L'importance des grains atteints de fusariose de l'épi dépend du moment où l'infection se produit et des conditions météorologiques au moment de l'infection.

Si l'on sème des semences infectées, on expose la culture à la phase de brûlure des plantules de cette maladie. Celle-ci est distincte de la fusariose de l'épi. Les grains infectés risquent de ne pas germer et peuvent donner des peuplements qui laissent à désirer. Quant aux plants infectés qui lèvent, ils manquent parfois de vigueur et finissent souvent par mourir avant d'avoir eu la chance de s'établir. Les plantules infectées peuvent apparaître de brun clair à brun rougeâtre et être couvertes de moisissure blanche ou rose. Au fur et à mesure que les plants parviennent à maturité, ils sont de plus petite taille et ont moins de tiges; leurs épis sont aussi plus petits. Si l'on coupe la racine ou le collet, on peut apercevoir une pourriture des racines qui va du brun clair au brun rougeâtre.

**Cycle biologique :** Même si plusieurs espèces de *Fusarium* peuvent provoquer la fusariose de l'épi, la principale est *Fusarium graminearum*, qui peut infecter le maïs, le blé, l'orge, l'avoine et le seigle. Toutes les espèces hivernent dans des grains infectés, des paillettes, du chaume ou des résidus de paille ou de tiges laissés à la surface du sol. Les champignons survivent entre les cultures sous forme de spores asexuées, de filaments mycéliens et d'organes de fructification noirs violacés, qui produisent les spores sexuées. Les champignons prolifèrent et produisent des spores depuis le moment des récoltes jusqu'à ce que les résidus se soient décomposés dans le sol.

Le vent et les éclaboussures d'eau assurent la propagation des deux types de spores depuis les résidus infectés de la culture précédente jusqu'aux épis de blé. Les conidies sont produites sur les résidus de maïs et de petites céréales durant les épisodes de temps doux et humide, tandis que les ascospores sont libérées durant les cycles pluvieux et secs. Ce faisant, le champignon est à même de disséminer des spores dans l'air pendant une période prolongée. Les spores qui atterrissent sur les épis ont besoin de pluie ou d'une forte rosée pour germer et envahir les parties florales (anthères, glumes et autres parties de l'épi). Les risques d'infection augmentent considérablement lorsque ces spores retombent durant des périodes prolongées de temps doux où les températures oscillent entre 22 et 27 °C et que le temps est pluvieux et humide. Plus la période de temps pluvieux se prolonge pendant la floraison, plus les risques d'infection sont grands et par conséquent plus la maladie risque d'être grave. Si le temps doux et humide persiste, les masses de spores rose saumon produites sur les épillets seront disséminées par l'air et constitueront une autre source d'infection.

**Stratégies de lutte :** Éviter de semer du blé après du blé ou du maïs. Lorsqu'on laisse des résidus de l'une ou l'autre de ces cultures à la surface du sol et qu'on sème ensuite du blé, les risques d'une infection par la fusariose de l'épi se trouvent

considérablement accrus. Un labour propre des résidus infectés réduit les risques d'infection propagée par les spores provenant du champ. Toutefois, la fusariose de l'épi peut quand même être propagée par les spores poussées par le vent depuis des champs avoisinants lorsque les conditions météorologiques favorisent l'éclosion de la maladie. Comme bon nombre des grains infectés sont petits, ratatinés et plus légers que les grains sains, il est possible que le fonctionnement du ventilateur à une vitesse de rotation supérieure aux fourchettes normales fasse en sorte qu'une grande partie de ces grains soient rejetés à l'arrière de la moissonneuse-batteuse. Il se peut que l'on perde ainsi une certaine quantité de bon grain (jusqu'à 0,13 t/ha ou 3 bo/ac). De bonnes pratiques d'entreposage et de séchage limiteront encore davantage la propagation de la fusariose de l'épi après la récolte. On trouve sur le marché de plus en plus de cultivars tolérants, qui peuvent réduire le potentiel infectieux.

Une recherche menée à l'Université de Guelph, campus de Ridgetown, sur la lutte contre la fusariose de l'épi a débouché sur l'élaboration d'un modèle de prévision de la mycotoxine, la vomitoxine (DONcast). Voir *Mise en garde*, p. 233. Le modèle a été élaboré à partir des données recueillies sur de nombreuses années et est assez innovateur puisque qu'il met en relation l'accumulation de vomitoxine dans le grain de blé et les conditions environnementales qui règnent autour du stade de l'épiaison, et cherche à expliquer le lien qu'il peut y avoir avec la production de l'inoculum, l'infection des épis de blé et la prolifération fongique qui suit dans l'épi. Pour plus de détails, consulter le site de Weather INnovations Incorporated, à l'adresse [www.weatherinnovations.com/](http://www.weatherinnovations.com/).

## **CARIE NAINE (*Tilletia controversa*) CARIE COMMUNE (*Tilletia tritici*)**

**Incidence :** La carie commune sévit partout en Ontario où il se cultive du blé de printemps ou du blé d'automne. Par comparaison, la carie naine s'observe surtout dans les comtés bordant la baie Georgienne et le lac Huron où la couverture de neige est épaisse et persistante à la fin de l'hiver et au début du printemps. Les années où la maladie frappe durement, certains champs comportent plus de 50 % des plants qui sont touchés par la carie.

**Aspect :** En Ontario, il y a trois espèces de champignons qui peuvent causer la carie dans le blé d'automne. Les deux premiers, *Tilletia tritici* et *Tilletia laevis*, causent la carie commune ou charbon couvert. Le troisième, *Tilletia controversa*, cause la carie naine dans le blé d'automne. Le principal symptôme causé par ces trois champignons pathogènes est la production de balles sporifères, qui remplacent les grains sains. Ces balles renferment des masses de spores poudreuses noirâtres, appelées téliospores. Lorsque le grain infecté est récolté ou broyé, ces balles se brisent facilement et libèrent leur contenu de spores, ce qui provoque la contamination des grains. Outre la présence des balles sporifères, l'un des signes les plus évidents de ces maladies est l'odeur de poisson que les spores dégagent. L'odeur est importante, puisque la maladie est justiciable de quarantaine. Bon nombre de pays importateurs affichent une tolérance zéro aux chargements de blé contaminés par la carie. Souvent, le nuage de spores et l'odeur caractéristique sont les premiers signes qu'une culture peut souffrir de cette maladie.

La carie commune et la carie naine sont difficiles à distinguer l'une de l'autre, de telle sorte que le diagnostic doit souvent être confirmé par un examen microscopique. Une différence entre les deux maladies réside dans le fait que les balles sporifères de la carie commune sont de taille et de forme semblables à celles des grains qu'elles remplacent, tandis que dans le cas de la carie naine, les balles sporifères sont plus petites et ont tendance à être plus arrondies. Les plants infectés par la carie naine sont considérablement plus courts (la moitié de la taille des plants sains), tandis que les plants infectés par la carie commune ne sont que légèrement plus petits que les plants sains. Un quatrième champignon cause la carie indienne ou carie de karnal. Heureusement, il n'y a pas d'incidence de cette maladie en Ontario.

**Cycle biologique :** La carie naine et la carie commune peuvent être transmises aux plants de blé d'automne soit par le sol, soit par la semence. Même si la carie commune peut être transmise par le sol, le champignon semble être surtout transmis par la semence et peut être maîtrisé sans peine au moyen de l'un des traitements des semences actuellement homologués. La carie naine est plus difficile à combattre, puisque les spores du champignon peuvent survivre pendant dix ans ou plus dans le sol.

**Stratégies de lutte :** Utiliser des semences qui sont exemptes de balles sporifères. Ne pas garder la semence qui provient de champs infectés par la carie. Certains traitements des semences homologués sont plus efficaces que d'autres.

#### Conseils :

- **Régler l'organe de coupe de la moissonneuse-batteuse à la bonne hauteur.** Les plants de blé infectés sont beaucoup plus courts que les plants sains. Le fait de relever l'organe de coupe réduit la quantité de balles qui sont récoltées.
- **Récolter à une teneur en eau inférieure à 15 %.** Les balles sporifères et les spores sèches ont tendance à être rejetées plus facilement par la moissonneuse-batteuse. Plus le grain est mouillé, plus les probabilités sont grandes que les balles sporifères adhèrent au grain. Il est difficile de rejeter les balles humides étant donné qu'elles sont très lourdes.
- **Régler le ventilateur à sa vitesse de rotation maximale.** Le réglage du ventilateur à sa vitesse de rotation maximale permet de rejeter une bonne partie des balles sporifères. La perte de grains sains sera minimale.
- **Récolter séparément les zones adjacentes aux haies-clôtures et aux boisés.** L'incidence de la maladie est plus grande là où les accumulations de neige sont plus grandes et plus prolongées. En récoltant le reste du champ séparément, on minimisera le nombre de balles sporifères dans le grain.
- **Nettoyer le grain avant de l'entreposer.** Il est important de débarrasser le grain des balles sporifères avant de l'entreposer. Les balles se brisent lorsqu'on manipule le grain ou qu'on le sort des cellules de stockage. Les balles sporifères sont de même calibre que les graines de renouée liseron. Les cribles qui permettent d'enlever les graines de renouée liseron devraient donc retirer bon nombre des balles sporifères du grain.
- **Soumettre le grain entreposé à une bonne aération.** Il faudra compter passablement de temps pour que le grain soit débarrassé de l'odeur de poisson.

### ERGOT (*Claviceps purpurea*)

**Incidence :** L'ergot infecte à l'occasion l'orge, le blé et la triticales. Même si les pertes de rendement sont dans la plupart des cas négligeables, les répercussions de cette maladie sur la qualité du grain et sa facilité d'écoulement peuvent être graves étant donné que les grains ergotés renferment des produits chimiques toxiques pour les animaux et les humains. Faire preuve de prudence au moment de servir aux animaux, surtout aux porcs, des grains contenant des corps noirs. Les foyers d'ergot sont rares et sporadiques en Ontario, mais dans certains champs qui ont été endommagés entre autres par le gel ou des herbicides, l'ergot peut être grave au point de rendre les épis stériles. Les fleurons stériles ont tendance à rester ouverts, ce qui les rend plus vulnérables à l'infection.

**Aspect :** Le premier signe de cette maladie fongique est souvent l'apparition des sclérotés qui vont de brun à violet foncé et qui sortent des épillets. Ces sclérotés remplacent les grains et peuvent atteindre jusqu'à 1 cm ( $\frac{1}{2}$  po) de long.

**Cycle biologique :** Le champignon hiverne sous forme de sclérotés dans le sol et sur les semences. Les sclérotés produisent des spores qui sont dispersées et infectent les fleurons. Les insectes contribuent ensuite à infecter d'autres épis. Du temps pluvieux, humide et frais prolonge la floraison et de ce fait les risques d'infection. Les sclérotés de l'ergot sont bien adaptés et peuvent survivre de nombreuses années dans le sol.

**Stratégies de lutte :** Utiliser de la semence propre et exempte de sclérotés. Laisser s'écouler au moins un an entre des cultures sensibles (seigle, blé, orge, triticales).

### Maladies de l'orge

#### FONTE DES SEMIS, PIÉTIN COMMUN, TACHES HELMINTHOSPORIENNES (*Cochliobolus sativus*)

**Incidence :** Les taches helminthosporiennes (planche 156, p. 304), la fonte des semis et le piétin commun qui sont souvent graves et répandues, sont toutes causées par le même champignon. Celui-ci hiverne dans le sol, les semences et les résidus d'orge. Traiter toutes les semences d'orge avec un fongicide. Pour réduire la gravité des taches helminthosporiennes, éviter de cultiver de l'orge après une sole d'orge, de blé ou de graminée. La précocité des semis aide à réduire la gravité des maladies qui sévissent en juillet. L'orge est moins lourdement frappée par cet agent pathogène s'il est cultivée avec de l'avoine.

#### RAYURES RÉTICULÉES (*Pyrenophora teres*) RHYNCHOSPORIOSE (*Rhynchosporium secalis*)

Les rayures réticulées (planche 157, p. 305) et la rhynchosporiose se produisent surtout par temps frais et humide. Les cultivars à deux rangs sont en général plus sensibles à ces maladies que ceux à six rangs. Pour empêcher la prolifération des agents pathogènes, éviter de faire des cultures successives d'orge, s'assurer d'enterrer le plus possible les chaumes et la paille, et traiter les semences avec un fongicide.

#### FUSARIOSE DE L'ÉPI

Voir *Fusariose de l'épi*, p. 249.

## Maladies de l'avoine

### TACHES OVOÏDES

#### NÉCROSE DES TIGES (*Phaeosphaeria avenaria*)

La maladie des taches ovoïdes peut causer de graves dégâts à tous les cultivars recommandés d'avoine. On reconnaît la maladie aux taches allongées, marbrées, brun clair et brun foncé, qui apparaissent sur le limbe des feuilles et se propagent le long des gaines et des tiges. À un stade avancé, celles-ci deviennent noires et se cassent facilement comme dans le cas de la verse. Éviter de cultiver de l'avoine après une sole d'avoine ou de céréales mélangées.

#### ROUILLE COURONNÉE (*Puccinia coronata* var. *avenae*)

La rouille couronnée est une maladie de l'avoine et de certaines graminées sauvages comme la fétuque et l'ivraie. La rouille des feuilles de l'avoine est souvent importante et cause de lourdes pertes, surtout dans le centre et l'est de l'Ontario.

**Aspect :** Le symptôme le plus caractéristique de la maladie est la production de pustules oranges (cratères) sur les feuilles et les gaines. Ces pustules peuvent produire des milliers de spores de couleur jaune-orange qui peuvent se disséminer dans d'autres champs ou infecter des plants adjacents.

**Cycle biologique :** L'agent pathogène n'est transmis ni par les semences ni par le sol. La principale source locale de spores est le nerprun cathartique, mais d'autres sont également apportées par le vent depuis le sud des États-Unis. Il existe différentes races de champignons qui peuvent se modifier au fil du temps et nuire au rendement. La maladie est surtout problématique lorsqu'elle frappe tôt dans la saison, que les conditions sont douces ou chaudes (20–25 °C) durant le jour et fraîches (15–20 °C) la nuit et que l'humidité est suffisante (pluies, rosées fréquentes).

#### Stratégies de lutte :

- Utiliser un cultivar tolérant. Les cultivars ne sont pas tous aussi sensibles à la maladie; comme de nouvelles races de rouille se développent, les niveaux de tolérance d'un cultivar peuvent être diminués. Voir les résultats des essais de rendement des cultivars de céréales de printemps réalisés en Ontario (*Ontario Performance Trials for Spring Cereal Crop*).
- Faire les semis aussitôt que possible au printemps pour aider les plants à échapper à l'infection plus tard dans la saison.
- Appliquer les fongicides foliaires le plus rapidement possible près du moment de la sortie de la feuille paniculaire de manière à protéger celle-ci.
- Enlever ou détruire les nerpruns.

### NÉMATODE À KYSTE DE L'AVOINE

#### (*Heterodera avenae*)

Les dégâts causés par ce nématode se manifestent dans les deux ou trois semaines qui suivent la levée de l'avoine. Les plants très infectés semblent alors arrêter subitement leur croissance, leurs feuilles pâlisent et commencent à mourir depuis la pointe. Comme il n'y a pas de tallage, le peuplement est clairsemé et présente des plants rabougris qui portent peu de grains. Dans la terre, les racines sont gravement atteintes, et souvent leur couleur est altérée. Elles sont jaune pâle sur les jeunes plantes et deviennent brun jaunâtre en vieillissant, alors que les plants sains, elles, sont d'un blanc franc.

Pour s'assurer que les dégâts sont bel et bien causés par ce nématode, envoyer un échantillon de plantes atteintes avec la terre qui entoure les racines à la Clinique de diagnostic phytosanitaire. Voir l'annexe I, *Services de diagnostic*, p. 266, pour plus de détails.

Il ne faut pas semer de céréales de printemps dans les champs où le nématode à kyste de l'avoine a causé des dégâts l'année précédente, mais plutôt semer une légumineuse ou une plante sarclée. On ne peut semer du maïs que si la population de nématodes est faible; sinon, il en souffrira. Puisque les nématodes s'attaquent aux racines du maïs sans s'y reproduire, leurs populations seront décimées par la culture répétée du maïs.

## Maladies des haricots comestibles

### Mesures préventives générales

- Laver à fond, au détergent, tout ce qui sert au nettoyage et au tri des semences, à leur transport ou à leur mise en terre pour enlever toute terre qui peut y adhérer. Désinfecter le matériel avec un composé d'ammonium quaternaire ou de l'hypochlorite de sodium (p. ex. eau de javel 10 %). Rincer les surfaces traitées avec de l'eau propre, pour les empêcher de rouiller.
- Pratiquer une rotation de trois à quatre ans incluant des cultures appartenant à des familles différentes.
- Ne pas épandre de fumier contenant des résidus de haricots sur les champs destinés à cette culture.
- Ne pas entrer dans un champ de haricots si le feuillage est mouillé, afin d'éviter de propager les maladies.

### COMPLEXE DE LA POURRITURE DES RACINES

#### (*Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., *Chalara basicola*)

**Incidence :** Nombre d'organismes causent la pourriture des racines de haricots secs comestibles. En Ontario, les principaux champignons pathogènes sont *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* et *Chalara*. Ils peuvent se présenter seuls ou en combinaison, ce qui est souvent le cas. On parle alors de « complexe de la pourriture des racines ». La gravité des dégâts varie selon l'état de la culture ses antécédents, la sensibilité du cultivar et les conditions du milieu.

**Aspect :** Les symptômes peuvent se manifester sur les plants à tout stade de leur croissance. Les infections de début de saison se manifestent normalement par la pourriture des semences et la fonte des semis, réduisant ainsi la densité de peuplement. Ces symptômes s'apparentent à des problèmes à la levée (planche 158, p. 305). Les plants qui survivent à une infection en début de saison (« fonte des semis ») ou qui deviennent infectés plus tard affichent des symptômes caractéristiques de « pourriture des racines », notamment altération de la couleur des racines, rabougrissement et flétrissement du plant.

La pourriture fusarienne se manifeste d'abord par de petites lésions brun rougeâtre (dans les premières semaines) qui, à mesure que le plant vieillit, se fusionnent pour former de grandes lésions ou des stries à la surface de la racine pivotante. On peut constater la teinte brun rougeâtre des tissus qui transportent l'eau en fendant la racine pivotante, le collet et

le bas de la tige. Des racines adventives peuvent se développer sur les plants dont la racine pivotante est endommagée. Ces racines adventives se forment au-dessus de la zone endommagée. Les infections tardives font rarement mourir le plant, mais entraînent son rabougrissement.

La pourriture pythienne se reconnaît à la lésion brune et gorgée d'eau qui débute à la base de la racine pivotante. Cette lésion caractéristique progresse le long de la racine et de la tige, et s'étend jusqu'à 2 ou 3 cm ( $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{2}$  po) au-dessus du sol. Souvent, l'infection fait mourir les plants, ce qui nuit à l'établissement du peuplement. Même si les plantules plus vieilles et les plants à maturité ne meurent pas nécessairement d'une infection par *Pythium*, leurs racines sont souvent coupées, ce qui donne des plants rabougris, mal ancrés, qui flétrissent et semblent malades.

Le rhizoctone commun est une pourriture des racines causée par *Rhizoctonia* qui provoque la formation de lésions déprimées brun rougeâtre sur la tige et la racine pivotante, le plus souvent près de la surface du sol. La lésion peut ceinturer complètement la tige, provoquant du coup le rabougrissement ou la mort du plant. Cette lésion est d'un « rouge brique » caractéristique qu'on peut observer immédiatement après l'arrachage du plant. Il s'agit là d'un moyen de distinguer cette maladie de la pourriture fusarienne. L'intensité du rouge s'estompe rapidement à l'air.

La pourriture noire des racines causée par *Chalara* donne des lésions de brunes à noires sur la racine pivotante et les racines latérales. Sous des conditions graves, la racine pivotante peut être noire.

**Cycle biologique :** Les champignons responsables de ces pourritures survivent dans le sol, dans les débris de végétaux ou sous forme de mycélium. Ils sont attirés par les sucres et les exsudats libérés par les racines en croissance. Ils posent surtout problème lorsque le temps est frais et pluvieux durant les semis ou lorsque des conditions amènent un retard dans la levée ou la croissance des plantules. Un stress hydrique entre le milieu et la fin de la saison (conditions sèches) augmente l'incidence des infections des racines par *Fusarium* et *Rhizoctonia*.

**Stratégies de lutte :** Il est impossible d'éliminer ces maladies, mais les pertes de rendement qui en découlent peuvent être réduites par le respect des bonnes pratiques de gestion du sol qui suivent :

- Choisir des cultivars qui affichent une bonne tolérance générale aux pourritures des racines.
- Favoriser la croissance des racines par de bons programmes de fertilisation. Garder le sol riche en matière organique.
- Garder le sol meuble en pratiquant une rotation des cultures convenable (trois ans entre deux soles de haricots, quels qu'ils soient) et en évitant de le travailler lorsqu'il est détrempé ou de le travailler trop finement.
- Retirer l'excès d'eau en améliorant le drainage souterrain et en minimisant le compactage du sol.
- Faire subir à la semence des traitements destinés à protéger le plant contre les pourritures des racines durant la germination et le début de la croissance.

## Graisses bactériennes :

### GRAISSE BACTÉRIENNE COMMUNE

(*Xanthomonas campestris*)

### GRAISSE BACTÉRIENNE À HALO (*Pseudomonas syringae*)

**Incidence :** Plusieurs bactéries différentes peuvent causer des dommages graves aux haricots secs comestibles. En Ontario, la graisse bactérienne commune et la graisse bactérienne à halo sont les principales maladies bactériennes qui affectent cette culture. La plupart des cultivars de haricots sont sensibles à la graisse bactérienne commune, mais la plupart résistent à la graisse bactérienne à halo.

**Aspect :** Ces maladies sont difficiles à distinguer l'une de l'autre. Dans les deux cas, les premières manifestations sont de petites cloques d'eau sur les folioles. Dans le cas de la graisse bactérienne commune, ces cloques sont foncées et apparaissent d'abord sur le revers des folioles. Elles grossissent et se fondent pour former entre les nervures des zones brunes et sèches étendues au pourtour jaune. Ce pourtour jaune est mince dans le cas de la graisse bactérienne commune et plus large et plus apparent dans le cas de la graisse bactérienne à halo (planche 159, p. 305). Sous des conditions chaudes, il arrive que ce halo jaune ne se forme pas.

Au fur et à mesure que ces maladies s'étendent, les feuilles infectées deviennent cassantes et tombent prématurément. Les plants infectés peuvent perdre leurs feuilles une semaine ou deux avant les plants sains. Dans les cas graves, les petites nervures et la nervure principale prennent une coloration rougeâtre. Chez les plants infectés par la graisse bactérienne à halo, les feuilles s'enroulent et les jeunes feuilles jaunissent sans présenter de halo perceptible ni de taches de tissu mort.

Les symptômes sur les gousses se manifestent d'abord par des lésions rondes et gorgées d'eau qui renferment en leur centre une masse de bactéries de couleur crème. Avec le temps, ces lésions se creusent et s'assèchent. Elles présentent alors un pourtour brun rougeâtre et un cœur jaune. Plus l'infection des gousses survient tôt, plus les répercussions sont grandes sur la qualité des graines. Souvent, celles-ci sont ratatinées et, dans le cas de la graisse bactérienne commune, peuvent être jaunes. Le fait de semer des graines infectées amène le ceinturage des tiges par la bactérie ou l'apparition de pourriture au-dessus du nœud cotylédonaire. Le plant est affaibli et peut verser.

**Cycle biologique :** Normalement, les bactéries responsables ne survivent pas à l'hiver en Ontario. Les infections se propagent d'une année à l'autre par les semences infectées. Une fois que les plants sont infectés, la maladie se propage à des plants sains à la faveur des intempéries et de la circulation des travailleurs et de la machinerie d'un champ à l'autre lorsque les plants sont mouillés. La pluie et la grêle peuvent aussi propager les bactéries dans le champ.

**Stratégies de lutte :** Habituellement, les bactéries ne survivent pas à l'hiver dans le champ, mais pour plus de sécurité, il vaut mieux laisser s'écouler un an entre les cultures sensibles. Ne pas employer de semences provenant de champs infectés. Prendre soin également de ne pas semer la culture aux côtés d'un champ ayant été gravement infecté par une graisse bactérienne l'année précédente. Enfouir les débris de haricots infectés dans le sol après la récolte.



Les graisses bactériennes se propagent facilement lorsque les plants sont mouillés par la pluie ou la rosée. Il faut éviter la circulation de la machinerie ou des travailleurs dans les champs mouillés. Nettoyer les sarclours avant de passer d'un champ à un autre. Récemment, des cultivars offrant une résistance génétique aux graisses bactériennes ont été mis au point. Ces cultivars de haricots blancs sont sur le point d'être offerts aux producteurs ontariens, si ce n'est déjà fait.

### ANTHRACNOSE (*Colletotrichum lindemuthianum*)

**Incidence :** L'antracnose est une maladie redoutable des haricots comestibles en Ontario. On la combat par l'utilisation de cultivars résistants, de semence exempte de la maladie et de traitements des semences. Dans les champs où la maladie apparaît suite à une infection par de nouvelles souches du champignon pathogène ou l'utilisation de semence infectée, des dommages considérables sont à craindre.

**Aspect :** Les symptômes comprennent des lésions rondes, angulaires ou ovales sur les feuilles, les tiges et les gousses (planche 160, p. 305). Les lésions sont enfoncées ou semblables à des cratères et laissent paraître un anneau noir distinct sur le pourtour. Souvent, le centre des lésions est recouvert de plusieurs petites masses de spores noires. Au revers des feuilles, les nervures sont souvent brun-rouge ou rouge violacé. Les pertes de rendement sont attribuables aux feuilles qui vieillissent et aux plants qui meurent prématurément, aux semences rabougries et à une teneur plus élevée en graines présentant des lésions sur le tégument.

**Cycle biologique :** Le champignon survit d'année en année, principalement sous forme de spores ou de lésions sur les semences. L'utilisation de semis sains est primordiale pour combattre la maladie. Une fois que la maladie se manifeste dans un champ, sa propagation est favorisée par les déplacements de la machinerie agricole, des animaux et des humains, tant dans le champ même que d'un champ infecté à un champ sain. Le temps pluvieux est propice à la propagation de la maladie en raison du transport par le vent ou les eaux de ruissellement des éclaboussures d'eau chargées de spores qui proviennent des zones infectées. À la suite de périodes prolongées de temps pluvieux, les infections peuvent prendre des proportions épidémiques.

Il existe plusieurs lignées (races) d'antracnose. Toutes les lignées de la maladie produisent les mêmes symptômes sur les plants. Tous les cultivars de haricots blancs recommandés actuellement possèdent une bonne résistance aux lignées bêta et gamma de l'antracnose. Il est bon, chaque année, de consulter la ficheInfo du MAAARO *Essais de rendement des haricots de grande culture* ou de visiter le site [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures) pour connaître les cultivars résistants aux lignées alpha et delta et se tenir à jour sur l'apparition d'éventuelles nouvelles lignées.

**Stratégies de lutte :** Pour éviter l'antracnose, utiliser des semences exemptes de la maladie et traiter les semences à l'aide d'un fongicide. Enfouir les résidus de haricots infectés dans le sol après la récolte et inscrire la culture de haricots dans une rotation incluant pendant au moins deux ans des cultures autres que des cultures hôtes. Rester hors des champs de haricots lorsque la culture est mouillée.

Pour savoir si l'antracnose est présente dans un lot de semence, communiquer avec un Centre de ressources du MAAARO.

### NÉMATODE À KYSTE DU SOYA (*Heterodera glycines*)

Même si le soja est son hôte privilégié, le nématode à kyste du soja (NKS) trouve aussi refuge dans un grand nombre de plantes, dont les haricots secs comestibles. Le NKS est de plus en plus présent dans les régions productrices de haricots de la province. Le fait de semer des haricots secs comestibles dans des champs infestés par ce nématode peut augmenter l'incidence du « complexe de la pourriture des racines », étant donné que le nématode endommage les racines et ouvre ainsi la voie aux organismes responsables de ces pourritures. Pour plus d'information sur le NKS, voir *Nématode à kyste du soja*, p. 235.

### MOSAÏQUE COMMUNE

**Incidence :** Le virus de la mosaïque commune du haricot est présent partout dans la province où se cultivent des haricots secs comestibles. Certaines années, la maladie peut frapper durement des champs en particulier.

**Aspect :** L'infection des haricots secs comestibles par le virus peut causer divers symptômes. Les feuilles des plants infectés présentent des taches gaufrées formant une mosaïque de vert foncé et de vert-jaune pâle. Le pourtour des feuilles s'enroule vers le bas. Les plants sont rabougris et si l'infection survient tôt, les plants peuvent fleurir mais risquent de ne pas produire de graines. Un autre symptôme, désigné « réaction des racines noires », se manifeste chez les cultivars qui possèdent un gène spécifique (le gène I résistant dominant). Ces cultivars ont une résistance à toutes les souches du virus de la mosaïque commune du haricot, sauf lorsque les plants poussent sous des températures élevées, auquel cas, ils affichent la réaction des racines noires (réaction d'hypersensibilité). Il en résulte un brunissement ou un noircissement des tissus vasculaires à l'intérieur des tiges et le flétrissement suivi de la mort des plants. Le symptôme le plus évident de la « réaction des racines noires » est la bigarrure qui apparaît sur l'extérieur de la tige (les tissus de transport de l'eau), ce qui produit une bigarrure noire ou brune de la tige à partir de la ligne de sol en montant. Ce noircissement peut n'être visible que d'un côté de la tige.

**Cycle biologique :** Le virus se communique d'un champ à l'autre essentiellement par la semence infectée. Les pucerons peuvent par la suite propager le virus à l'intérieur du champ. Des pertes importantes sont enregistrées lorsque des cultivars sensibles sont infectés tôt soit par la semence infectée soit par la proximité des plants infectés ou des champs hébergeant d'importantes populations de pucerons. Il existe plusieurs souches du virus, mais la souche prédominante en Ontario est la souche 1.

**Stratégies de lutte :** Ne pas utiliser les semences provenant de plants malades. Pour savoir quels cultivars sont résistants, consulter chaque année la ficheInfo du MAAARO *Essais de rendement des haricots de grande culture* ou visiter le site [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures). Éviter d'endommager les plants lors du sarclage.



## POURRITURE À SCLÉROTES (sclérutinose) (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Cette maladie touche les haricots secs comestibles, le soya, le canola, le sarrasin et le tournesol. Voir les planches 161 à 165, p. 305 et 306.

**Incidence dans les cultures de haricots secs comestibles et de soya :** La pourriture à sclérotés est une maladie difficile à prévoir, même si la plupart des années, elle frappe davantage dans les cultures de haricots secs comestibles que dans le soya. La maladie est plus dévastatrice lorsque le temps est relativement frais et pluvieux pendant la floraison ou peu de temps avant la récolte.

**Incidence dans les cultures de canola et de tournesol :** La pourriture à sclérotés est une maladie du canola qui peut se manifester de manière sporadique à l'intérieur d'une région et dont l'incidence varie considérablement d'une année à l'autre. Par conséquent, il est très difficile de prévoir la gravité ou le déclenchement de cette maladie qui est très destructrice pendant les longues périodes de temps pluvieux. Des pertes pouvant aller jusqu'à 50 % peuvent survenir sous des conditions qui lui sont favorables.

### Aspect dans les cultures de haricots secs comestibles :

L'infection gagne d'abord les tissus morts à la suite d'autres causes, tels que fleurs ou feuilles à la base du plant. L'infection directe des gousses, des tiges et des feuilles saines se fait par contact entre les tissus infectés et les tissus sains. Les zones atteintes sont blanchies et un feutre mycélien blanc se forme habituellement à la surface des plants (planche 161, p. 305). Des sclérotés noires et dures sont produites à la surface de la tige ou à l'intérieur de celle-ci (planche 162, p. 305).

**Aspect dans les cultures de canola et de tournesol :** La pourriture à sclérotés provoque la formation de lésions blanchies sur les tiges et de sclérotés noires et dures à l'intérieur de celles-ci. Elle cause le vieillissement prématuré des plants (voir planches 163 et 164, p. 306). Cette maladie constitue souvent un problème lorsque le canola succède au canola, aux haricots blancs, au soya, au sarrasin ou au tournesol. L'infection qui commence sur les fleurs mortes se propage aux tissus adjacents où elle fait mourir les ramifications ou les plants. Les plants peuvent verser. Les tiges atteintes paraissent habituellement blanchies. Les infections du canola par la pourriture à sclérotés peuvent être graves si les deux dernières semaines de juin sont marquées par du temps frais et pluvieux qui se poursuit jusqu'au début juillet, à l'époque de la floraison.

La pourriture à sclérotés peut aussi constituer un problème dans les cultures de tournesol. Elle provoque la pourriture de la base ou du milieu de la tige et même de l'épi; elle occasionne d'importantes réductions de rendement (planche 165, p. 306).

### Stratégies de lutte dans les cultures de haricots secs comestibles :

- Utiliser des cultivars moins vulnérables ou des cultivars au port dressé.

- Dans des champs où la pourriture à sclérotés a déjà sévi, ne pas semer de haricots secs comestibles après des cultures (telles que soya, betterave sucrière, canola, sarrasin, tournesol et chanvre) qui sont sensibles à cette maladie. Laisser s'écouler au moins trois ans entre des cultures sensibles.
- S'assurer d'une bonne circulation d'air en respectant les taux de semis recommandés et en espaçant convenablement les rangs. Ces précautions concourent à abaisser le taux d'humidité et à rendre l'environnement moins propice à la prolifération de la maladie. Éviter la surfertilisation qui accélère la fermeture du couvert et par le fait même amène un accroissement de l'humidité qui crée un milieu propice à l'infection.
- Faire des pulvérisations foliaires au moment de la première floraison, avant que la maladie ne se manifeste. Les pulvérisations faites après l'apparition de la maladie ne permettent pas de combattre la pourriture à sclérotés efficacement.

**Stratégies de lutte dans les cultures de soya :** Dans les champs où la pourriture à sclérotés a déjà sévi, éviter, pendant trois ou quatre ans, de cultiver des espèces hôtes, telles que canola, haricots secs comestibles, sarrasin et tournesol. La plupart des sclérotés qui se trouvent dans les 2,5 premiers centimètres (1 po) de sol germent au cours de l'année qui suit une sole de soya. À la suite du soya, la pratique du semis direct laisse la plupart des sclérotés à la surface du sol, ce qui réduit considérablement l'inoculum les années suivantes. Les sclérotés enfouis profondément dans le sol ne devraient pas causer de problèmes aux cultures de haricots ultérieures, à moins qu'ils ne soient ramenés à la surface par le travail du sol.

Les cultivars n'afficheraient pas tous la même vulnérabilité à la pourriture à sclérotés. Bien qu'il ne semble exister aucun cultivar résistant, on a constaté sur le terrain que les cultivars précoces sont moins sensibles que les cultivars tardifs. On a aussi remarqué que les cultivars moins prédisposés à la verse ont tendance à mieux résister à cette maladie. Dans le cas des champs de soya qui ont déjà été fortement frappés par la pourriture à sclérotés, privilégier les cultivars qui nécessitent entre 200 et 300 unités thermiques de moins et qui affichent une meilleure résistance à la verse. Les fongicides foliaires ne sont pas recommandés, car ils ne sont pas toujours efficaces.

Ne pas garder la semence provenant de champs infectés par la pourriture à sclérotés.

**Stratégies de lutte dans les cultures de canola :** Dans des champs qui ont été infestés par la pourriture à sclérotés, utiliser une semence propre et certifiée et pratiquer une rotation des cultures sur au moins quatre ans, en incluant dans la rotation des cultures non touchées comme le maïs, le blé, l'orge ou l'avoine. Pendant cette rotation, il faut éviter de semer des cultures sensibles comme la moutarde, le tournesol, le haricot sec, le soya, les pois de grande culture, les lentilles ou les pois chiches. Actuellement, il n'existe pas de cultivars résistants. Garder les champs exempts de mauvaises herbes dicotylédones car beaucoup servent d'hôtes intermédiaires à cette maladie. Des traitements fongicides foliaires sont efficaces, mais exigent un dépistage sur le terrain et doivent être effectués à des moments précis.

## Maladies du canola

### COMPLEXE DES MALADIES DES PLANTULES

**Incidence :** L'établissement du peuplement est une grande source d'inquiétude pour le producteur de canola. Si le peuplement s'établit mal, c'est souvent à cause d'infections par un ou plusieurs champignons qui provoquent différentes maladies faisant partie de ce qu'on appelle le « complexe des maladies des plantules ». Les principaux champignons en cause sont *Rhizoctonia*, *Fusarium* et *Pythium*. Leur incidence est plus grande par temps frais.

**Aspect :** Une infection se manifeste par de nombreux symptômes, dont la pourriture des semences, la fonte des semis, la brûlure des plantules et la pourriture des racines des plantules. Ces symptômes apparaissent pendant les quatre premières semaines ou avant le stade 4 feuilles. Les semences peuvent ne pas germer ou mourir peu après la levée. Les plantules qui lèvent peuvent paraître normales, mais être envahies d'une pourriture des racines. La fonte des semis se produit quand la pourriture des racines monte le long de la tige (hypocotyle), causant un ceinturage ou un pincement de la tige à la surface du sol ou tout près. La tige est affaiblie et risque de casser ou d'être étêtée à l'endroit où se forment les lésions d'un brun rougeâtre caractéristiques. Souvent et notamment sous des conditions climatiques sèches, les plantules infectées flétrissent ou meurent en réaction au stress causé par un système racinaire réduit (racines coupées), étranglé ou pourri. Les peuplements sont lents à lever, clairsemés ou inégaux. Or, des peuplements non uniformes entraînent des baisses de rendement. Des pertes graves peuvent obliger à reprendre les semis.

**Cycle biologique :** Les champignons en cause survivent dans le sol, dans des résidus de végétaux en décomposition. Les conditions conduisant à une germination et à une croissance lentes sont propices à leur prolifération. Les parties souterraines se lignifient au stade 2-4 feuilles ou avant dans le cas des plants vigoureux. À ce stade, les plantules peuvent lutter contre la progression de l'infection et arrivent à régénérer des racines plus vite qu'elles n'en perdent. *Pythium* préfère des sols frais et mouillés, mais *Rhizoctonia* prospère dans les sols secs et légers.

**Stratégies de lutte :** Semer des semences de bonne qualité dans un lit de semence ferme et humide quand les conditions sont propices à une germination rapide. Le fait de traiter les semences à l'aide de fongicides réduit l'incidence des infections et facilite l'établissement du peuplement. Maintenir un bon équilibre des éléments nutritifs et éviter un apport excessif d'engrais, qui favorisent les maladies et les phytotoxicités. Éviter d'enfouir la semence profondément.

### JAMBE NOIRE (*Leptosphaeria maculans*)

**Incidence :** La jambe noire est une maladie fongique présente partout au Canada où l'on cultive le canola. Dans l'Ouest canadien, il existe deux souches (de virulence faible et élevée) du champignon qui y entraînent des pertes substantielles. Ces dernières années, plus de cas de jambe noire ont été recensés en Ontario, notamment dans les champs de canola d'automne. Heureusement, la souche virulente, responsable des pertes dans l'Ouest n'a pas, à ce jour, été signalée en Ontario.

**Aspect :** L'infection se manifeste d'abord sur les cotylédons ou sur les feuilles : il s'y forme des taches blanches ou chamois, de forme circulaire ou irrégulière, faisant 1-2 cm (¾ po) de diamètre, chacune étant marquée de nombreux points noirs (pynides) (planche 166, p. 306). À mesure que la saison avance, le champignon s'étend à la tige et au collet, formant un chancre qui finit par étrangler la tige (planche 167, p. 306). Les plants gravement atteints mûrissent prématurément et leur collet ou le bas de la tige vire au noir ou au gris. Dans les cas extrêmes, ces plants infectés versent, les graines sont petites et ratatinées et sont probablement elles-mêmes infectées par le champignon.

**Cycle biologique :** Le champignon de la jambe noire survit sur des résidus (déchets) de canola ainsi que sur des semences et des plants infectés. Le champignon peut se propager d'un champ à l'autre par le transport de résidus ou de plants infectés. Les spores du champignon sont disséminées par la pluie, le vent et la semence infectée.

**Stratégies de lutte :** Utiliser des cultivars moins sensibles. La plupart des cultivars sont cotés selon une échelle de 1 (résistant) à 5 (extrêmement sensibles). Faire une bonne rotation des cultures, en laissant au moins trois ans entre les cultures de canola. Des traitements antifongiques des semences réduisent les infections transmises par les semences et minimisent le risque d'introduction de la jambe noire dans de nouveaux champs. Cependant, la maladie peut quand même se propager d'un champ à l'autre par des plants infectés et des résidus.

### POURRITURE À SCLÉROTES (sclerotiniose) (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Cette maladie touche également les haricots secs comestibles, le soja et le tournesol. Voir *Pourriture à sclérotés*, p. 255 et les planches 161 à 165, p. 305 et 306.

### MOSAÏQUE DU NAVET

**Incidence :** Le virus de la mosaïque du navet est devenu un problème d'importance dans certaines régions où le canola d'automne est cultivé.

**Cycle biologique et aspect :** L'infection se produit à l'automne et provoque la marbrure des feuilles (régions jaunes ou vert pâle entourées de la couleur verte normale) et le plissement ou le gaufrage du limbe entre les nervures (planche 168, p. 306). La croissance printanière est lente. Les plants gravement atteints sont rabougris, tordus et généralement de couleur vert pâle ou jaune. Les gousses sont déformées et une proportion importante de graines sont mal remplies. La maladie semble sévir plus durement dans les régions où l'on cultive des crucifères (tel le rutabaga) et dans les champs où la concurrence des mauvaises herbes et des céréales spontanées est forte.

**Stratégies de lutte :** Souvent, l'incidence du virus de la mosaïque du navet est forte dans le canola d'automne spontané. Si des semis hâtifs peuvent contribuer à accroître la survie hivernale de la culture dans certaines régions, ils semblent par ailleurs aggraver les infections par le virus de la mosaïque du navet là où cette mosaïque sévit déjà. On n'a signalé que des infections de peu d'importance dans les cultures de canola de printemps.





# 15. Annexes

## Annexe A.

### Fournisseurs de matériel pour le dépistage d'insectes

BioQuip Products 2321 E Gladwick St. Rancho Dominguez, CA U.S. 90220 Tél. : 310 667-8800 Télec. : 310 667-8808 Site Web : <a href="http://www.bioquip.com">www.bioquip.com</a>	Distributions Solida Inc. Tél. : 418 826-0900 Télec. : 418 826-0901 Site Web : <a href="http://www.solida.ca/">www.solida.ca/</a>	Gempler's Inc. 1125 Deming Way P.O. Box 449132 Madison, WI 53744 Tél. : 1 800 382-8473 Télec. : 1 800 551-1128 Site Web : <a href="http://www.gemplers.com/">www.gemplers.com/</a>
Great Lakes IPM 10220 Church Road, NE Vestaburg, MI U.S. 48891 Tél. : 989 268-5693 Télec. : 989 268-5911 Site Web : <a href="http://www.greatlakesipm.com/">www.greatlakesipm.com/</a>	Québec Insectes (Atelier Jean Paquet) 3, rue du Côteau C.P. 953 Pont-Rouge (Québec) Canada G3H 2E1 Tél./télec. : 418 873-2984 Site Web : <a href="http://www.quebecinsectes.com">www.quebecinsectes.com</a>	

**Nota :** La présentation de la liste de fournisseurs ci-dessus n'implique aucunement que le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario approuve ou recommande les produits spécifiques vendus par ces entreprises.



## Annexe B.

Feuille de calcul des doses d'azote pour le maïs (unités impériales) et explications détaillées

**FEUILLE DE CALCUL DES DOSES D'AZOTE :  
DOSES D'AZOTE GÉNÉRALEMENT  
RECOMMANDÉES POUR UNE CULTURE DE MAÏS  
(UNITÉS IMPÉRIALES)**

Les chiffres figurant dans cette feuille de calcul sont fondés sur les résultats d'essais effectués de 1961 à 2004. La version métrique de cette feuille de calcul se trouve à la page 21. Les doses d'engrais calculées sont celles qui produisent le rendement économique le plus élevé en présence d'une qualité de gestion bonne ou supérieure à la moyenne. Les recherches montrent que des doses plus élevées permettent parfois d'accroître les rendements, mais généralement pas assez pour couvrir le prix de l'engrais supplémentaire.

<b>A. Besoins de base en azote</b> (choisir au tableau A)	_____
<b>B. Ajustement en fonction du rendement</b> (Rendement (bo/ac) _____ $\times 0,77$ ) =	+ _____
<b>C. Ajustement selon le nombre d'unités thermiques</b> Nb're d'UTC-MI dans la région = _____ Moins - 2 800 Total = _____ $\times 0,037$ =	+ _____
<b>D. Ajustement selon la culture précédente</b> (choisir au tableau D)	- _____
<b>E. Ajustement selon le rapport de prix de l'azote et du maïs</b> (choisir au tableau E)	- _____
<b>F. Dose totale d'azote recommandée</b> (A + B + C - D - E)	= _____
<b>G. Soustraire l'azote appliqué au démarrage</b>	- _____
<b>H. Soustraire l'azote provenant du fumier<sup>1</sup></b>	- _____
<b>I. Azote additionnel en présemis</b> (F - G - H)	= _____
OU	
<b>J. Azote additionnel en bandes</b> (Si une quantité supplémentaire de N est appliquée en bandes, multiplier la valeur I par le chiffre correspondant du tableau J).	_____

<sup>1</sup> Les crédits de N provenant du fumier sont indiqués au chapitre 9, *Fertilité du sol et doses d'éléments nutritifs*.

Tableau A. Besoins de base en azote

Texture du sol	Besoins de base en azote	
	Sud-ouest et centre de l'Ontario	Est de l'Ontario*
Argile, argile lourde	47	1
Loam argileux	36	1
Loam	28	1
Sable loameux	41	17
Loam sableux	34	17
Sable	46	17
Argile sableuse, loam sablo-argileux	38	17
Loam limoneux	18	1
Loam limono-argileux	32	1
Argile limoneuse	44	1

\* L'Est de l'Ontario comprend les comtés de Frontenac et de Renfrew ainsi que les comtés situés à l'est de ces derniers.

Tableau D. Ajustements en fonction de la culture précédente

Culture précédente	Ajustement
Mais-grain	0
Mais à ensilage	12
Céréales	11
Soya	27
Haricots secs comestibles	27
Trèfle en culture de couverture (enfoui)	73
Trèfle en culture de couverture (semis direct)	60
Fourrages vivaces	
Moins d'un tiers en légumineuses	0
Un tiers à un demi en légumineuses	49
Plus de la moitié en légumineuses	98

Tableau E. Ajustement en fonction du rapport de prix de l'azote et du maïs

	Prix de l'azote \$/lb N					
	0,54	0,68	0,75	0,82	0,89	0,96
Prix du maïs \$/bo						
2,60	40	58	67	76	*	*
2,90	33	49	57	65	73	*
3,20	27	41	49	56	64	71
3,50	22	35	42	49	55	62
3,70	19	32	38	45	51	57
4,00	15	27	33	39	45	51
4,30	12	23	29	34	40	45
4,60	9	20	25	30	35	40
4,90	7	17	21	26	31	36
5,20	5	14	18	23	28	32
5,50	3	12	16	20	24	29
5,80	1	9	13	18	22	26

\* Pour ces rapports de prix, les ajustements n'ont pas été calculés.

Tableau J. Ajustement en fonction de la période d'application (sud-ouest et centre de l'Ontario seulement)

Texture de sol	Ajustement
Argile, loam argileux, loam, loam limoneux, argile limoneuse, loam limono-argileux	0,8
Argile sableuse, loam sablo-argileux, loam sableux	0,9
Sable, sable loameux	1,0

## EXPLICATION DES FACTEURS DE LA FEUILLE DE CALCUL

### A. Besoins de base en azote

Dans la plupart des régions de la province, ce sont les sols à texture moyenne (loams limoneux et loams) qui fournissent le plus d'azote aux cultures de maïs, comme l'indiquent leurs « besoins de base en azote » moindres (tableau A). Dans les sols à texture plus grossière ou plus fine, les besoins en azote sont plus élevés.

Les données recueillies indiquent que les besoins en azote des sols de la Vallée de l'Outaouais sont bien inférieurs à ceux des autres régions de la province, mais ce phénomène n'est pas tout à fait compris. C'est le cas de tous les sols situés dans les comtés de Frontenac, de Renfrew, et à l'est de ceux-ci.

Puisque ces valeurs proviennent des données moyennes prises sur une grande plage de sites, elles représentent les besoins prévus chez les sols ayant des caractéristiques « moyennes ». Les sols dont les propriétés s'écartent de la moyenne (p.ex. une teneur en matière organique plus élevée ou plus basse) peuvent nécessiter des doses d'azote optimales différentes.

### B. Ajustement en fonction du rendement

Il existe un lien vague mais certain entre les besoins d'azote plus grands de certains champs et leurs rendements plus élevés aux doses d'azote optimales. Le facteur rendement, qui est dérivé des données sur la réponse aux apports d'azote (0,77 lb N par boisseau de rendement), correspond, à toutes fins utiles, à la quantité de N prélevée du sol qu'on retrouve dans le grain.

Utiliser les rendements moyens des cinq dernières années pour estimer le potentiel de production du champ. Le fait d'utiliser le rendement potentiel du champ dans cet ajustement n'augmenterait pas la productivité de ce dernier. Les coûts seraient par ailleurs plus élevés en raison de l'azote gaspillé, lequel pourrait être nuisible pour l'environnement. Pour évaluer le rendement de maïs-grain à partir du rendement de maïs à ensilage, diviser par 5 le rendement d'ensilage pour obtenir des tonnes à l'hectare (t/ha) ou des tonnes courtes à l'acre (t.c./ac), ou multiplier par 7 les t.c./ac pour connaître le nombre de boisseaux à l'acre (bo/ac).

### C. Ajustement en fonction de l'unité thermique

Les recherches indiquent que le maïs exige plus d'azote dans les régions où la saison de croissance est longue que dans celles où elle est plus courte. Un tel phénomène s'expliquerait par le fait que le stress hydrique sur la culture est accru dans les régions où les températures moyennes sont supérieures, ce qui affaiblirait l'efficacité d'utilisation de N, ou par le fait que les teneurs en matière organique du sol sont différentes.

### D. Ajustement en fonction de la culture précédente

Les besoins en azote sont étroitement liés à la culture qui a été faite dans le champ en question juste avant le maïs.

Des cultures comme le maïs-grain immobilisent d'importantes quantités d'azote minéral dans le sol au fur et à mesure que se décomposent les résidus riches en carbone, ce qui se traduit par une hausse des besoins en azote. Les cultures de légumineuses fourragères fixent l'azote atmosphérique et le rendent accessible à la culture de maïs au cours de la décomposition des résidus, entraînant ainsi une baisse des besoins d'azote.

### E. Ajustement en fonction du rapport de prix

La dose d'azote optimale est atteinte lorsque la hausse de rendement occasionnée par la dernière livre d'azote ajoutée parvient tout juste à compenser le coût additionnel de N. Au fur et à mesure que l'engrais azoté coûte plus cher ou que le maïs récolté se vend

moins cher, il faut un plus fort rendement pour payer chaque livre supplémentaire d'azote. Autrement dit, la dose d'azote entraînant le meilleur rendement économique pour chaque ajout d'engrais diminue. On trouvera au tableau E, l'importance de la baisse des doses de N pour les différentes combinaisons de prix du maïs et de l'azote.

On pourra calculer l'ajustement des doses d'engrais pour les prix situés hors des fourchettes utilisées au moyen des étapes suivantes :

- Déterminer le prix d'un kilogramme d'azote. Diviser le prix d'une tonne d'engrais par le nombre de kilogrammes d'azote dans chaque tonne (le % de N multiplié par 10). Calculer le prix à la livre en multipliant par 0,45 le prix au kilogramme. Par exemple, si l'urée (46 % N) se vend 865 \$ la tonne, le prix d'un kilogramme d'azote sera de  $865 \text{ \$} / 460 \text{ kg} = 1,88 \text{ \$/kg N}$ , ou  $0,85 \text{ \$/lb N}$ .
- Estimer la valeur d'un kilogramme (ou d'une livre) de maïs pour l'année suivant la récolte (sauf si le maïs a été préalablement vendu à prix fixe), y compris tous les paiements de stabilisation, moins les frais de séchage, de transport et d'élevateur. Le maïs donné comme aliments aux animaux à la ferme est évalué au prix payé pour du maïs qu'on achèterait de l'extérieur. Le prix d'un kilogramme de maïs est le prix attendu d'une tonne, divisé par 1000. Le prix d'une livre de maïs est le prix net attendu d'un boisseau, divisé par 56.
- Calculer le rapport de prix N/maïs en divisant le prix d'un kilogramme (ou d'une livre) d'azote par la valeur d'un kilogramme (ou d'une livre) de maïs.
- Soustraire 5 du rapport de prix, parce que les recommandations de N ont été élaborées pour un rapport de 5.
- Multiplier le résultat par 6,7 (ou par 6 dans le cas des unités impériales); inscrire ce nombre dans la case d'ajustement du rapport de prix.

### F. Dose totale d'azote recommandée

Cette valeur, calculée en faisant la somme des valeurs de A à E, représente les doses totales recommandées pour la culture. La dose totale inclut normalement l'engrais de démarrage, les applications à la volée ou en bande et l'azote provenant du fumier.

### G. Soustraire l'azote appliqué au démarrage

Toute dose d'azote appliqué au démarrage doit être incluse ici.

### H. Soustraire l'azote provenant du fumier

L'azote disponible du fumier (ou des biosolides) devrait être inclus ici. Plus l'évaluation de l'azote disponible provenant du fumier est juste, grâce à des taux précis d'épandage du fumier et des analyses de ce dernier, plus les crédits d'azote provenant du fumier s'approcheront de la réalité. Pour une estimation de l'azote assimilable du fumier, se référer au tableau 9-8, *Quantités moyennes de phosphate, de potasse et d'azote biodisponibles selon la source d'éléments nutritifs organiques*, page 164.

### I. Azote additionnel en présemis

La différence entre la dose totale d'azote recommandée et les crédits provenant de l'engrais de démarrage et du fumier correspond à la quantité d'azote qui devra être appliquée à la volée en présemis.

OU

### J. Azote additionnel en bande

L'azote qui est appliqué juste avant que la culture en ait besoin est utilisé plus efficacement que l'azote appliqué en présemis, car les pertes par dénitrification ou lessivage s'en trouvent réduites. La différence est plus prononcée dans les sols à texture lourde. Les applications en bande d'azote sont peu profitables en sols sableux. **NOTE** : Ce facteur d'ajustement n'est pas valable dans l'est de l'Ontario où les doses d'azote recommandées sont déjà relativement faibles.

## Annexe C.

## Laboratoires accrédités pour les analyses de sol en Ontario

Les laboratoires ci-dessous sont accrédités pour effectuer les analyses de sol portant sur le pH, le pouvoir tampon, P, K, Mg et l'azote des nitrates dans les sols de l'Ontario.

Nom du laboratoire	Adresse	Tél./téléc./courriel	Personnes-ressources
A & L Canada Laboratories Inc. Site Web : <a href="http://www.alcanada.com">www.alcanada.com</a>	2136, ch. Jetstream LONDON (Ontario) N5V 3P5	Tél. : 519 457-2575 Téléc. : 519 457-2664 Courriel : <a href="mailto:aginfo@alcanada.com">aginfo@alcanada.com</a>	M. Greg Patterson M. Ian McLachlin
Accutest Laboratories Une société d'analyses du Groupe Bodycote Site Web : <a href="http://www.bodycotetesting.com">www.bodycotetesting.com</a>	8-146, ch. Colonnade OTTAWA (Ontario) K2E 7Y1	Tél. : 613 727-5692, p. 317 Téléc. : 613 727-5222 Courriel : <a href="mailto:lorna.wilson@bodycote.com">lorna.wilson@bodycote.com</a>	M <sup>me</sup> Lorna Wilson
Agri-Food Laboratories Site Web : <a href="http://www.agtest.com">www.agtest.com</a>	503, ch. Imperial Bureau I GUELPH (Ontario) N1H 6T9	Tél. : 519 837-1600 1 800 265-7175 Téléc. : 519 837-1242 Courriel : <a href="mailto:lab@agtest.com">lab@agtest.com</a>	M. Dale Cowan
Brookside Laboratories Inc. Site Web : <a href="http://www.blinc.com">www.blinc.com</a>	301 South Main St. NEW KNOXVILLE, Ohio 45871	Tél. : 419 753-2448 Téléc. : 419 753-2949 Courriel : <a href="mailto:jbrackman@blinc.com">jbrackman@blinc.com</a>	M <sup>me</sup> Jackie Brackman M. Mark Flock
FoReST Laboratory Site Web : <a href="http://lucas.lakeheadu.ca/forest/">http://lucas.lakeheadu.ca/forest/</a>	955, ch. Oliver, B81005D THUNDER BAY (Ontario) P7B 5E1	Tél. : 807 343-8026 Téléc. : 807 343-8116 Courriel : <a href="mailto:soilslab@lakeheadu.ca">soilslab@lakeheadu.ca</a>	M <sup>me</sup> Claire Riddell M. Joel Symonds
Université de Guelph Services des laboratoires Site Web : <a href="http://www.labservices.uoguelph.ca/units/soil-nutrient/">www.labservices.uoguelph.ca/units/soil-nutrient/</a>	Université de Guelph C.P. 3650 95, ch. Stone Ouest GUELPH (Ontario) N1H 8J7	Tél. : 519 767-6299 Téléc. : 519 767-6240 Courriel : <a href="mailto:info@lsd.uoguelph.ca">info@lsd.uoguelph.ca</a>	M. Nick Schrier
Stratford Agri-Analysis Site Web : <a href="http://www.stratfordagri.ca">www.stratfordagri.ca</a>	1131, rue Erie C.P. 760 STRATFORD (Ontario) N5A 6W1	Tél. : 519 273-4411 1 800 323-9089 Téléc. : 519 273-2163 Courriel : <a href="mailto:info@stratfordagri.ca">info@stratfordagri.ca</a>	M. Keith Lemp

Il n'existe aucune accréditation officielle pour l'analyse de tissus végétaux en Ontario, mais tous les laboratoires accrédités pour les analyses de sol ont démontré leur expertise à effectuer des analyses de tissus. Pour une liste à jour, consulter la page du MAAARO à [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

## Annexe D.

## Laboratoires d'analyse — aliments pour animaux et mycotoxines/moisissures

<p>A &amp; L Canada Laboratories Inc. 2136, ch. Jetstream London (Ontario) N5V 3P5 Tél. : 519 457-2575 Télec. : 519 457-2664 <a href="http://www.alcanada.com/">www.alcanada.com/</a></p>	<p>Agri-Food Laboratories Bureau I 503, ch. Imperial Nord Guelph (Ontario) N1H 6T9 Tél. : 519 837-1600 ou 1 800 265-7175 Télec. : 519 837-1242 <a href="http://www.agtest.com/">www.agtest.com/</a></p>
<p>Intertek Testing Services 960 C. Alloy Drive Thunder Bay (Ontario) P7B 6A4 Tél. : 807 345-5392</p>	<p>Services de laboratoires Université de Guelph 95, ch. Stone Ouest Guelph (Ontario) N1H 8J7 Tél. : 519 767-6299 <a href="http://www.labservices.uoguelph.ca/labserv/labs-depts.cfm">www.labservices.uoguelph.ca/labserv/labs-depts.cfm</a></p>
<p>Shur-Gain R.R. 4, 600, rue James Sud St. Marys (Ontario) N4X 1C7 519 349-2152 <a href="http://www.shurgain.com/">www.shurgain.com/</a></p>	<p>Stratford Agri-Analysis C.P. 760 1131, rue Erie Stratford (Ontario) N5A 6W1 Tél. : 519 273-4411 ou 1 800 323-9089 Télec. : 519 273-4411 <a href="http://www.stratfordagri.ca">www.stratfordagri.ca</a></p>
<p>Strathroy Central Laboratory 127, rue Zimmerman Sud C.P. 303 Strathroy (Ontario) N7G 3W3 Tél. : 519 245-9600 Télec. : 519 245-6089</p>	

Pour une liste à jour, consulter la page du MAAARO à [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

**Annexe E.**

## Laboratoires de dépistage du nématode à kyste du soya

A & L Labs Canada East Inc.  
2136, ch. Jetstream  
London (Ontario) N5V 3P5  
Tél.: 519 457-2575  
Télec.: 519 457-2664

Agri-Food Laboratories  
503, ch. Imperial, Bureau I  
Guelph (Ontario) N1H 6T9  
Tél.: 519 837-1600 ou 1 800 265-7175  
Télec.: 519 837-1242

Clinique de diagnostic phytosanitaire  
Division des Services de laboratoire  
Université de Guelph  
95, ch. Stone Ouest  
Guelph (Ontario) N1H 8J7  
Tél.: 519 767-6256  
Télec.: 519 767-6240

Communiquer avec les laboratoires ci-dessus pour de plus amples renseignements sur les tarifs exigés et les précautions nécessaires à la manipulation et l'expédition de nématodes.



**Annexe F.**

**Laboratoires offrant des tests de germination sur demande en Ontario**  
 Ces laboratoires sont accrédités par l'Agence canadienne d'inspection des aliments Ontario.

Canadian Seed Laboratories Ltd. <sup>1,2</sup> C.P. 217 208, rue St. David Lindsay (Ontario) K9V 5Z4 Tél. : 705 328-1648 Télec. : 705 324-2550	Livingstone Seed Laboratory <sup>1</sup> C.P. 27050 Comptoir postal 500, boul. Rexdale Etobicoke (Ontario) M9W 6L0 Tél. : 416 743-7191 Télec. : 416 743-7191
Hyland Seed Quality Laboratory C.P. 250, 2 Hyland Drive Blenheim (Ontario) N0P 1A0 Tél. : 519 676-8146 Télec. : 519 676-5674	Miller Seed Farm R.R. 2 Bath (Ontario) K0H 1G0 Tél. : 613 352-7453 Télec. : 613 352-7453
Kent Agri Laboratory <sup>1</sup> R.R. 2 Tupperville (Ontario) N0P 2M0 Tél. : 519 627-3737 Télec. : 519 627-3737	Perth Seed Laboratory <sup>1</sup> R.R. 5 Mitchell (Ontario) N0K 1N0 Tél. : 519 348-9057 Télec. : 519 348-8165
Lang Germination Lab 6, rue Clarinda C.P. 419 Teeswater (Ontario) N0G 2S0 Tél. : 519 392-8203 Télec. : 519 392-8203	W.G. Thompson and Sons Ltd. C.P. 130 Blenheim (Ontario) N0P 1A0 Tél. : 519 676-8146 Télec. : 519 676-5674

<sup>1</sup> Ce laboratoire est aussi accrédité pour évaluer la pureté des semences.

<sup>2</sup> Canadian Seed Laboratories Ltd. est aussi accrédité pour dépister certaines maladies des semences.

D'autres laboratoires sont accrédités par l'ACIA, mais ils n'acceptent aucun échantillon provenant de l'extérieur.

**Annexe G.**

Calculs afférents à la détermination du seuil de nuisibilité économique de la pyrale du maïs

Utiliser les calculs ci-dessous pour décider s'il est rentable de pulvériser un insecticide sur une culture non Bt. Voir *Pyrale du maïs*, page 202.**Souches univoltines (dans les régions où il n'y a qu'une seule génération de la pyrale du maïs par an)**

A	% de plants piqués	_____	=	N <sup>bre</sup> de plants ayant des piqûres ÷ total des plants inspectés
	Dérouler un plant piqué provenant de chaque emplacement et chercher des larves vivantes.			
B	N <sup>bre</sup> de larves vivantes par plant	_____	=	N <sup>bre</sup> de larves vivantes par plant déroulé x (A) % de plants ayant des piqûres ÷ 100
	Exemple : 25 plants ayant des piqûres et 1,5 larve par plant déroulé			
	N <sup>bre</sup> de larves vivantes par plant	0,38	=	1,5 x 25 ÷ 100
	On évalue à 5 % la perte de rendement pour chaque larve vivante trouvée. <sup>1</sup> Par conséquent :			
C	Perte de rendement possible en %	_____	=	(B) x 5 ÷ 100
D	Perte possible en \$	_____	=	(C) Perte de rendement possible en % x rendement prévu en t/ha (ou bo/ac) x valeur en \$/t (ou \$/bo)
	On estime à 75 % l'efficacité du traitement pesticide. <sup>1</sup> Par conséquent :			
E	Perte évitable en \$	_____	=	(D) Perte possible en \$ x % efficacité du traitement pesticide
F	Coût du traitement	_____	=	Coût du pesticide + coût de la pulvérisation
G	Gain (+) ou perte (-) résultant du traitement	_____	=	(E) - (F)

<sup>1</sup> On peut utiliser une autre valeur au besoin.**Souches bivoltines (dans les régions où il y a deux générations de la pyrale du maïs par an)**

A	N <sup>bre</sup> de larves par plant (décomptes cumulatifs effectués à 7 jours d'intervalles)	_____	=	N <sup>bre</sup> de masses d'œufs/plant x 2 pyrales/masse d'œufs <sup>1</sup>
B	Perte de rendement en %	_____	=	(A) N <sup>bre</sup> de larves/plant x perte de rendement de 4 % par larve/plant <sup>2</sup>
C	Perte de rendement en t/ha (ou bo/ac)	_____	=	Perte de rendement en % x rendement prévu en t/ha (ou bo/ac)
D	Perte en \$/ha (ac)	_____	=	(C) Perte de rendement en t/ha (ou bo/ac) x prix prévu en \$/bo
E	Perte évitable par ha (ac)	_____	=	(D) Perte en \$/ha (ou ac) x maîtrise à 75 % <sup>3</sup>
F	Coût du traitement	_____	=	Coût du pesticide + coût de la pulvérisation
G	Gain (+) ou perte (-) résultant du traitement	_____	=	(E) - (F)

<sup>1</sup> Dans l'hypothèse de taux de survie de 2 larves par masse d'œufs; ce taux peut varier selon les conditions météorologiques et la taille des masses d'œufs.<sup>2</sup> Utiliser une perte de 3 %/larve/plant si l'infestation se produit une fois que les soies ont bruni. Les avantages économiques des traitements risquent de baisser rapidement si les infestations surviennent après que le maïs a atteint le stade du gonflement.<sup>3</sup> 75 % est une moyenne; utiliser une autre valeur au besoin.

**Annexe H.**  
Autres ressources

<b>UNIVERSITÉ DE GUELPH</b>	<b>AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE CANADA</b> Centres de recherches	<b>AGENCE CANADIENNE D'INSPECTION DES ALIMENTS</b> www.cifa-acia.agr.ca
Campus principal Guelph N1G 2W1 519 824-4120 www.uoguelph.ca	Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux 960, av. Carling Ottawa K1A 0C6 613 759-1952 <a href="http://res2agr.ca/ecorc/welcome.htm">http://res2agr.ca/ecorc/welcome.htm</a>	<b>Bureaux régionaux (phytoprotection)</b>
Collège d'Alfred Alfred K0B 1A0 613 679-2218 www.alfredc.uoguelph.ca	Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles 2585, route de comté 50 Harrow N0R 1G0 519 738-2251 <a href="http://res2.agr.ca/harrow/">http://res2.agr.ca/harrow/</a>	Belleville 345, rue College Est Belleville K8N 5S7 613 969-3333
Collège de Kemptville Kemptville K0G 1J0 613 258-8336 www.kemptvillec.uoguelph.ca	Centre de recherches du Sud sur la phytoprotection et les aliments 1391, rue Sandford, London N5V 4T3 519 457-1470 <a href="http://res2.agr.ca/london.index_f.htm">http://res2.agr.ca/london.index_f.htm</a>	Hamilton 709, rue Main Ouest Bureau 101 Hamilton L8S 1A2 905 572-2201
Collège de Ridgetown Ridgetown N0P 2C0 519 674-1500 www.ridgetownc.on.ca	Ferme expérimentale de Vineland 4902, av. Victoria Nord Vineland L0R 2E0 905 562-4113	London 1200, ch. Commissioners Est Bureau 19 London N6A 3E3 519-691-1306
<b>DÉPARTEMENT DE PHYTOTECHNIE</b> www.plant.uoguelph.ca	Ferme expérimentale de Delhi 711, ch. Schafer C.P. 186 Delhi N4B 2W9 519 582-1950	Niagara Falls 350, rue Ontario Bureau 13 C.P. 9 St. Catharines N2R 5L8 905 937-7343
Département de Phytotechnie, Kettleby 1125, Woodchopper's Lane R.R. 1, Kettleby L0G 1J0 905 775-3783		Brantford Édifice fédéral, angle Dalhousie et Queen, C.P. 637 Brantford N3T 5P9 519 753-3487
Département de Phytotechnie, Simcoe 1283, ch. Blue Line C.P. 587 Simcoe N3Y 4N5 519 426-7127		District d'Ottawa 3, cr. Observatory, Édifice n° 3 Ferme expérimentale centrale Ottawa K1A 0C9 613 759-1571
Département de Phytotechnie, Vineland 4890, av. Victoria Nord C.P. 7000 Vineland Station L0R 2E0 905 562-4141		Bureau de Toronto 1124, av. Finch Ouest, Bureau 2 Downsview M3J 2C6 416 665-5055
<b>DIVISION DES SERVICES DE LABORATOIRE</b> www.uoguelph.ca/labserv		Windsor 2000, av. Continental Windsor N9E 3P1 519 969-2522
Laboratoire d'analyse des résidus de pesticides et oligo-éléments 95, ch. Stone Ouest Guelph N1H 8J7 519 823-1268		
Clinique de diagnostic phytosanitaire 95, ch. Stone Ouest Guelph N1H 8J7 519 767-6256		

## Annexe I. Services de diagnostic

Les échantillons destinés au diagnostic de maladies, à l'identification d'insectes ou de mauvaises herbes ou au dépistage de nématodes ou du champignon *Verticillium* peuvent être expédiés à la :

Clinique de diagnostic phytosanitaire  
Division des services de laboratoire  
Université de Guelph  
95, ch. Stone O.  
Guelph (Ontario) N1H 8J7  
Tél. : 519 767-6256  
Télec. : 519 767-6240  
Courriel : [pdc@ltd.uoguelph.ca](mailto:pdc@ltd.uoguelph.ca)

Les échantillons doivent être accompagnés du paiement. Des frais s'appliquent pour chaque échantillon présenté.

Les formulaires de demande sont disponibles à l'adresse Internet [www.uoguelph.ca/pdc](http://www.uoguelph.ca/pdc).

**GRILLE DE TARIFS**

Pour des renseignements sur les tarifs exigés, se référer à <http://www.labservices.uoguelph.ca/units/pdc/> ou communiquer avec la Clinique de diagnostic phytosanitaire.

## COMMENT PRÉLEVER LES ÉCHANTILLONS DESTINÉS AU DÉPISTAGE DE NÉMATODES

### Sol

**Quand prélever les échantillons**

Les échantillons de sol et de racines peuvent être prélevés en tout temps, lorsque le sol n'est pas gelé. En Ontario, les niveaux de population des nématodes dans le sol sont généralement le plus élevés en mai et en juin puis, de nouveau, en septembre et en octobre.

**Mode de prélèvement**

Prélever les échantillons à l'aide d'un tube de prélèvement, d'un transplantoir ou d'une pelle à lame étroite. Prélever les échantillons de sol à une profondeur de 20–25 cm (8–10 po). Si le sol est à nu, enlever le sol sur 2 cm (1 po) avant de prélever les échantillons. Un échantillon doit réunir au moins 10 sous-échantillons, qu'on mélange et dont on ne conserve que 0,5–1 L (1 chopine à 1 pinte). Aucun échantillon ne doit représenter plus de 2,5 ha (6¼ ac). Les sous-échantillons devraient être mélangés dans un seau propre ou un sac de plastique.

**Zones de prélèvement**

Si la zone de prélèvement contient des plantes cultivées vivantes, faire les prélèvements dans le rang au niveau de la zone des poils absorbants (pour les arbres, à la périphérie du feuillage).

**Nombre de sous-échantillons**

Selon la superficie totale échantillonnée :

500 m <sup>2</sup> (5400 pi <sup>2</sup> )	10 sous-échantillons
500 m <sup>2</sup> –0,5 ha (5400 pi <sup>2</sup> –1¼ ac)	25 sous-échantillons
0,5–2,5 ha (1¼–6¼ ac)	50 sous-échantillons

**Racines**

Pour les petites plantes, échantillonner tout le système racinaire plus le sol qui y adhère. Pour les grosses plantes, il faut prélever 10–20 g (1/2–1 oz) en poids frais dans la zone des poils absorbants.

**Zones atteintes**

Prélever des échantillons de sol et de racines en périphérie de la zone atteinte, là où les plants sont encore vivants. Dans la mesure du possible, prélever aussi dans le même champ des échantillons provenant de zones saines. Soumettre si possible des échantillons de racines et de sol provenant à la fois des zones atteintes et des zones saines dans le même champ.

**MANIPULATION DES ÉCHANTILLONS****Échantillons de sol**

Les placer dans des sacs de plastique dès que possible après le prélèvement.

**Échantillons de racines**

Les placer dans des sacs de plastique et les recouvrir de sol humide prélevé au même endroit.

**Entreposage**

Entreposer les échantillons à une température de 5–10 °C (40–50 °F). Ne pas les exposer aux rayons du soleil ou à des températures extrêmement chaudes ou froides (congélation). Seuls les nématodes vivants peuvent être comptés. Pour que la numération soit représentative du milieu réel, il faut manipuler les échantillons correctement.

## PLANTES PRÉSENTÉES POUR IDENTIFICATION DE MALADIE OU DIAGNOSTIC

### Formulaires de demande d'analyse

Les formulaires de demande sont disponibles aux centres de ressources du MAAARO. Prendre soin de bien remplir chacune des sections du formulaire. Dans l'espace prévu, dessiner les symptômes les plus évidents et la forme que prend la zone atteinte dans le champ. Il est important d'indiquer les cultures qui ont occupé cette zone pendant les 3 dernières années et les pesticides qui ont été employés au cours de la présente année.

Choisir un échantillon complet et représentatif montrant les premiers symptômes. Présenter un échantillon aussi complet que possible de la plante, y compris le système racinaire ou plusieurs plants montrant une gamme de symptômes. Si les symptômes sont généraux, prélever l'échantillon dans une zone où les dommages sont intermédiaires. Les matières complètement mortes sont habituellement inutiles à des fins de diagnostic.

Les spécimens de plantes présentés à des fins d'identification devraient comporter une portion d'au moins 20–25 cm de la partie supérieure de la tige et des bourgeons latéraux, des feuilles, des fleurs ou des fruits dans un état qui permet de les identifier. Envelopper les plants dans du papier journal et les mettre dans un sac de plastique. Il faut placer le système racinaire dans un sac de plastique séparé, bien attaché, pour éviter le dessèchement et la contamination des feuilles par le sol. Ne PAS ajouter d'eau, de façon à ne pas encourager la décomposition durant le transport. Coussiner les spécimens et les emballer dans une boîte rigide pour éviter les dommages durant le transport. Éviter de laisser des spécimens exposés à des températures extrêmes dans un véhicule ou dans un endroit où ils pourraient se détériorer.

**Envoi des échantillons**

Les expédier le plus tôt possible, pourvu que ce soit en début de semaine, par courrier de première classe ou par messagerie, à la Clinique de diagnostic phytosanitaire.

## SPÉCIMENS D'INSECTES PRÉSENTÉS POUR IDENTIFICATION

### Prélèvement des échantillons

Placer les cadavres d'insectes et d'araignées à corps dur dans des éprouvettes ou des boîtes en prenant soin d'entourer celles-ci d'essuie-tout ou de ouate. Dans le cas des insectes à corps mou et des chenilles, les placer dans des éprouvettes contenant de l'alcool. Ne pas utiliser d'eau, car elle risquerait de faire pourrir le spécimen. Pour l'expédition, il ne faut pas fixer les insectes sur du papier au moyen de ruban gommé ni les laisser libres dans une enveloppe.

Placer les insectes vivants dans un contenant renfermant suffisamment de végétaux pour les nourrir pendant le transport. S'assurer d'inscrire la mention « vivant » sur le contenant.



## Laboratoire de diagnostic phytosanitaire

Division des Services de Laboratoire  
B.P. 3650, 95 rue Stone ouest  
Guelph (Ontario) N1H 8J7  
Tél: (519) 767-6256 Fax: (519) 767-6240

Usage interne seulement  
Form: PDC-001f (00-02/04)

Échantillon: PDC \_\_\_\_\_

Reçu le: \_\_\_\_\_

☐ Poste ☐ Messagerie ☐ En personne  
Montant reçu: \_\_\_\_\_

☐ Chèque ☐ Comptant ☐ VISA ☐ MC  
Information supplémentaire ☐

## Formulaire de soumission d'échantillon

**Services requis:** Dénombrement de nematodes: ☐ du sol; ☐ des racines ☐ Nématode à kystes du soya  
☐ Diagnostic ☐ Identification d'insecte ☐ Identification de plante ☐ Dénombrement de Verticillium du sol

Nom du requérant			Nom du producteur (si différent du requérant)		
Nom de l'entreprise ou organisme			Nom de l'entreprise ou organisme		
Adresse			Adresse		
Ville	Province	Code postal	Ville	Province	Code postal
Téléphone	Fac-similé		Téléphone	Fac-similé	
Courriel			Courriel		
Transmettre le rapport au: <input type="checkbox"/> Requérant <input type="checkbox"/> Producteur (à moins d'avis contraire, le rapport ne sera remis qu'au requérant)					
Plante ou culture attaquée:			# D'identification:		Cultivar/Variété:
			Provenance (i.e. serre, champ, verger, jardin, etc.):		
Superficie en culture:	% de plants affectés:	Apparition des symptômes:		Niveau de dommage:	
		<input type="checkbox"/> Jours <input type="checkbox"/> Semaines <input type="checkbox"/> Mois <input type="checkbox"/> Années		<input type="checkbox"/> Sévère <input type="checkbox"/> Modéré <input type="checkbox"/> Léger	
Histoire des cultures:			Culture à venir:		

Décrire le problème en détails (i.e. symptômes, organes affectés, localisation du problème):

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Pesticides et herbicides utilisés, s.v.p. spécifier le nom des produits et les dates d'application:

---

---

---

---

Commentaires et autres requêtes:

---

---

---

---

---



**Annexe J.**

Calcul de la densité de peuplement pour différentes largeurs de rang

Largeur de rang		Longueur de rang équivalant à 1/1,000 acre <sup>1,2</sup>	
cm	po	m	pi
38	15	10,6	34 pi 10 po
51	20	8,0	26 pi 1 po
56	22	7,3	23 pi 10 po
71	28	5,7	18 pi 8 po
76	30	5,3	17 pi 5 po
81	32	5,0	16 pi 4 po
86	34	4,7	15 pi 5 po
91	36	4,4	14 pi 6 po
97	38	4,2	13 pi 9 po

<sup>1</sup> Pour calculer le nombre de plants à l'acre, multiplier par 1000 le nombre de plants comptés sur une longueur de rang.

<sup>2</sup> Pour connaître le nombre de plants dans un millième d'hectare, multiplier par 2,47 le nombre de plants comptés sur une longueur de rang.

**Annexe K.**

Détermination de la densité de peuplement de la culture et des populations de ravageurs à l'aide d'un « cerceau »

Diamètre intérieur du cerceau en centimètres (pouces)	Superficie en m <sup>2</sup> (pi <sup>2</sup> )	Facteur par lequel on doit multiplier le nombre de plants à l'intérieur du cerceau pour obtenir le :	
		Nbre de plants par hectare	Nbre de plants par acre
91 (36)	0,65 (7,0)	15 385	6 165
84 (33)	0,55 (6,0)	18 182	7 334
76 (30)	0,45 (4,9)	22 222	8 874
69 (27)	0,37 (4,0)	27 027	10 956
61 (24)	0,29 (3,2)	34 483	13 865

**Dimensions intérieures d'un cadre carré en centimètres (po)**

50 x 50 (20 x 20)	0,25 (2,7)	40 000	16 133
100 x 100 (40 x 40)	1,00 (11,1)	10 000	3 924

Pour connaître la densité de peuplement à l'hectare ou à l'acre, compter le nombre de plants trouvé dans le cerceau ou le cadre, et multiplier ce nombre par le facteur approprié ci-dessus.

## Annexe L.

Teneurs en eau, poids spécifiques et taux de semis des semences de céréales commerciales

Culture	Taux de semis	Poids des semences			Humidité
	kg/ha	kg/hL	lb/b <sup>o</sup>	g/0,5 L	%
Blé d'automne et blé de printemps	100-130	74,8	60	365	14,0
Avoine	60-110	42,4	34	192	13,5
Orge d'automne et orge de printemps	80-160	59,9	48	288	14,8
Seigle	70-95	69,9	56	339	14,0
Triticale	75-100	65	52	—	—
Mais de grande culture	11-22	69,9	56	353	15,5
Haricots blancs (rangs de 70 cm)	40-45	75	60	—	—
Soya	65-155	74,8	60	382	13,0
Pois de grande culture	130-200	75	60	—	—
Sarrasin	55	59,8	48	294	45,6
Lin	40	69,9	56	331	10,0
Canola de printemps et canola d'automne	45	62	50	—	10,5
Millet commun	40	70	56	—	—
Tournesol oléagineux	4	33,6	27	162	9,5
Tournesol rayé	6	39,9	24	149	9,5
Moutarde blanche	8-11	70	56	—	—
Herbe du Soudan	14	50	40	—	—
Sorgho	14	70	56	—	—
Alpiste annuel	35	62	50	—	—
Lupins	150-180	75	60	—	—

Source : Commission canadienne des grains

1 lb/boisseau Avery

## Annexe M. Le Système international (SI) dit « métrique »

## UNITÉS INTERNATIONALES (MÉTRIQUES)

## Longueur

10 millimètres (mm)	=	1 centimètre (cm)
100 centimètres (cm)	=	1 mètre (m)
1 000 mètres (m)	=	1 kilomètre (km)

## Superficie

100 m x 100 m = 10 000 m <sup>2</sup>	=	1 hectare (ha)
100 hectares	=	1 kilomètre carré (km <sup>2</sup> )

## Volume

## Solides

1 000 millimètres cubes (mm <sup>3</sup> )	=	1 centimètre cube (cm <sup>3</sup> )
1 000 000 centimètres cubes (cm <sup>3</sup> )	=	1 mètre cube (m <sup>3</sup> )

## Liquides

1 000 millilitres (mL)	=	1 litre (L)
100 litres (L)	=	1 hectolitre (hL)

## Équivalences poids-volume (pour l'eau)

(1,00 kg) 1 000 grammes	=	1 litre (1,00 L)
(0,50 kg) 500 grammes	=	500 millilitres (0,50 L)
(0,10 kg) 100 grammes	=	100 millilitres (0,10 L)
(0,01 kg) 10 grammes	=	10 millilitres (0,01 L)
(0,001 kg) 1 gramme	=	1 millilitre (0,001 L)

## Poids

1 000 milligrammes (mg)	=	1 gramme (g)
1 000 grammes (g)	=	1 kilogramme (kg)
1 000 kilogrammes (kg)	=	1 tonne (t)
1 milligramme/kilogramme	=	1 partie par million (ppm)

## Équivalences solides-liquides

1 centimètre cube (cm <sup>3</sup> )	=	1 millilitre (mL)
1 mètre cube (m <sup>3</sup> )	=	1 000 litres (L)

## CONVERSION DES TAUX D'APPLICATION

## Du SI au système anglais ou US (métrique à impérial ou US), approx.

litres par hectare x 0,09	=	gallons par acre
litres par hectare x 0,11	=	gallons US par acre

litres par hectare x 0,36	=	pintes par acre
litres par hectare x 0,36	=	pintes US par acre

litres par hectare x 0,71	=	chopines par acre
litres par hectare x 0,86	=	chopines US par acre

millilitres par hectare x 0,015	=	onces liquides par acre
grammes par hectare x 0,015	=	onces par acre
kilogrammes par hectare x 0,89	=	livres par acre
tonnes par hectare x 0,45	=	tonnes courtes par acre

## Du système anglais ou US au SI (impérial ou US à métrique), approx.

gallons par acre x 11,23	=	litres par hectare (L/ha)
gallons US par acre x 9,35	=	litres par hectare (L/ha)

pintes par acre x 2,8	=	litres par hectare (L/ha)
pintes US par acre x 2,34	=	litres par hectare (L/ha)

chopines par acre x 1,4	=	litres par hectare (L/ha)
chopines US par acre x 1,17	=	litres par hectare (L/ha)

onces liquides par acre x 70	=	millilitres par hectare (mL/ha)
onces liquides US par acre x 73	=	millilitres par hectare (mL/ha)

tonnes courtes par acre x 2,24	=	tonnes par hectare (t/ha)
livres par acre x 1,12	=	kilogrammes par hectare (kg/ha)
livres par acre x 0,45	=	kilogrammes par acre (kg/acre)

onces par acre x 70	=	grammes par hectare (g/ha)
---------------------	---	----------------------------

## Conversions relatives aux engrais

K <sub>2</sub> O	x 0,83	=	K (élémentaire)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	x 0,44	=	P (élémentaire)
Phosphore (P)	x 2,29	=	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Potasse (K <sub>2</sub> O)	x 0,83	=	Potassium (K)
Potassium (K)	x 1,2	=	Potasse (K <sub>2</sub> O)

## Conversions de petits volumes

5 mL	=	1 cuillère à thé
15 mL	=	1 cuillère à soupe
28,5 mL	=	1 once liquide

## Annexe M. Le Système international (SI) dit « métrique » (suite)

## ÉQUIVALENCES SOLIDES

SI (métrique)	Système anglais (impérial)
100 grammes/hectare (g/ha)	= 1 1/4 onces/acre (oz/ac)
200 grammes/hectare (g/ha)	= 3 onces/acre (oz/ac)
300 grammes/hectare (g/ha)	= 4 1/4 onces/acre (oz/ac)
500 grammes/hectare (g/ha)	= 7 onces/acre (oz/ac)
700 grammes/hectare (g/ha)	= 10 onces/acre (oz/ac)
1,10 kilogramme/hectare (kg/ha)	= 1 livre/acre (lb/ac)
1,50 kilogramme/hectare (kg/ha)	= 1 1/4 livre/acre (lb/ac)
2,00 kilogrammes/hectare (kg/ha)	= 1 1/2 livre/acre (lb/ac)
2,50 kilogrammes/hectare (kg/ha)	= 2 1/4 livres/acre (lb/ac)
3,25 kilogrammes/hectare (kg/ha)	= 3 livres/acre (lb/ac)
4,00 kilogrammes/hectare (kg/ha)	= 3 1/2 livres/acre (lb/ac)
5,00 kilogrammes/hectare (kg/ha)	= 4 1/2 livres/acre (lb/ac)
6,00 kilogrammes/hectare (kg/ha)	= 5 1/2 livres/acre (lb/ac)
7,50 kilogrammes/hectare (kg/ha)	= 6 3/4 livres/acre (lb/ac)
9,00 kilogrammes/hectare (kg/ha)	= 8 livres/acre (lb/ac)
11,00 kilogrammes/hectare (kg/ha)	= 10 livres/acre (lb/ac)
13,00 kilogrammes/hectare (kg/ha)	= 11 1/2 livres/acre (lb/ac)
15,00 kilogrammes/hectare (kg/ha)	= 13 1/2 livres/acre (lb/ac)

## ÉQUIVALENCES LIQUIDES

Litres/hectare	Gallons/acre (approx.)
50	= 5
100	= 10
150	= 15
200	= 20
250	= 25
300	= 30

## VITESSE

milles à l'heure	x 88	= pieds par minute
milles à l'heure	x 1,467	= pieds par seconde
milles par minute	x 88	= pieds par seconde
milles par minute	x 60	= milles à l'heure
pieds par minute	x 0,01667	= pieds par seconde
pieds par minute	x 0,01136	= milles à l'heure
pieds par seconde	x 18,288	= mètres par minute
pieds par seconde	x 0,3048	= mètres par seconde
pieds par seconde	x 1,09728	= kilomètres à l'heure
centimètres par seconde	x 1,968504	= pieds par minute
centimètres par seconde	x 0,0328084	= pieds par seconde
centimètres par seconde	x 0,02236936	= milles à l'heure
kilomètres à l'heure	x 27,777778	= centimètres par seconde
kilomètres à l'heure	x 3280,8399	= pieds par heure
kilomètres à l'heure	x 54,680665	= pieds par minute
kilomètres à l'heure	x 0,6213712	= milles à l'heure
milles à l'heure	x 1,6093439	= kilomètres à l'heure

## ABRÉVIATIONS

%	= pourcent (en poids)	m	= mètre
AP	= poudre à usage agricole	m <sup>2</sup>	= mètre carré
bo	= boisseau	m.a.	= matière active
c.	= contre (comparé à)	min	= minute
cm	= centimètre	mL	= millilitre
cm <sup>2</sup>	= centimètre carré	mm	= millimètre
DG	= granulé dispersable	m/sec	= mètres par seconde
DP	= poudre dispersable	oz	= once
E	= émulsion	p. ex.	= par exemple
EC	= concentré émulsifiable	pi	= pied
F	= pâte fluide	po	= pouce
g	= gramme	SC	= concentré à pulvériser
Gr	= granulé	SP	= poudre soluble
ha	= hectare	t	= tonne (métrique)
kg	= kilogramme	t.c.	= tonne courte
km/h	= kilomètres à l'heure	W	= poudre (mouillable)
kPa	= kilopascal	WDG	= granulé dispersable dans l'eau
L	= litre	WP	= poudre mouillable
lb	= livre		

## Annexe M. Le Système international (SI) dit « métrique » (suite)

TABLES DE CONVERSIONS —  
DU SI AU SYSTÈME ANGLAIS  
(MÉTRIQUE À IMPÉRIAL)

## Longueur

1 millimètre (mm)	= 0,04 pouce (po)
1 centimètre (cm)	= 0,40 pouce (po)
1 mètre (m)	= 39,40 pouces (po)
1 mètre (m)	= 3,28 pieds (pi)
1 mètre (m)	= 1,09 verge (vg)
1 kilomètre (km)	= 0,62 mille (mi)

## Superficie

1 centimètre carré (cm <sup>2</sup> )	= 0,16 pouce carré (po <sup>2</sup> )
1 mètre carré (m <sup>2</sup> )	= 10,77 pieds carrés (pi <sup>2</sup> )
1 mètre carré (m <sup>2</sup> )	= 1,20 verge carrée (vg <sup>2</sup> )
1 kilomètre carré (km <sup>2</sup> )	= 0,39 mille carré (mi <sup>2</sup> )
1 hectare (ha)	= 107 636 pieds carrés (pi <sup>2</sup> )
1 hectare (ha)	= 2,5 acres (ac)

## Volume (solides)

1 centimètre cube (cm <sup>3</sup> )	= 0,061 pouce cube (po <sup>3</sup> )
1 mètre cube (m <sup>3</sup> )	= 1,31 verge cube (vg <sup>3</sup> )
1 mètre cube (m <sup>3</sup> )	= 35,31 pieds cubes (pi <sup>3</sup> )
1 000 mètres cubes (m <sup>3</sup> )	= 0,81 acre-pied
1 hectolitre (hL)	= 2,8 boisseaux (bo)

## Volume (liquides)

1 millilitre (mL)	= 0,035 once liquide (imp.)
1 litre (L)	= 1,76 chopine (imp.)
1 litre (L)	= 0,88 pinte (imp.)
1 litre (L)	= 0,22 gallons impériaux (gal imp.)
1 litre (L)	= 0,26 gallon U.S. (gal US)

## Poids

1 gramme (g)	= 0,035 once (oz)
1 kilogramme (kg)	= 2,21 livres (lb)
1 tonne (t)	= 1,10 tonne courte (t.c.)
1 tonne (t)	= 2 205 livres (lb)

## Pression

1 kilopascal (kPa)	= 0,15 livre/pouce carré (lb/po <sup>2</sup> )
--------------------	--

## Vitesse

1 mètre par seconde (m/sec)	= 3,28 pieds par seconde (pi/sec)
1 mètre par seconde (m/sec)	= 2,24 milles à l'heure (mi/h)
1 kilomètre à l'heure (km/h)	= 0,62 mille à l'heure (mi/h)

## Température

°F	= (°C x $\frac{9}{5}$ ) + 32
----	------------------------------

TABLES DE CONVERSIONS —  
DU SYSTÈME ANGLAIS AU SI  
(IMPÉRIAL À MÉTRIQUE)

## Longueur

1 pouce (po)	= 2,54 centimètres (cm)
1 pied (pi)	= 0,30 mètre (m)
1 verge (vg)	= 0,91 mètre (m)
1 mille (mi)	= 1,61 kilomètre (km)

## Superficie

1 pied carré (pi <sup>2</sup> )	= 0,09 mètre carré (m <sup>2</sup> )
1 verge carrée (vg <sup>2</sup> )	= 0,84 mètre carré (m <sup>2</sup> )
1 acre (ac)	= 0,40 hectare (ha)

## Volume (solides)

1 verge cube (vg <sup>3</sup> )	= 0,76 mètre cube (m <sup>3</sup> )
1 boisseau (bo)	= 36,37 litres (L)

## Volume (liquides)

1 once liquide (imp.)	= 28,41 millilitres (mL)
1 chopine (imp.)	= 0,57 litre (L)
1 gallon (imp.)	= 4,55 litres (L)
1 gallon (US)	= 3,79 litres (L)

## Poids

1 once (oz)	= 28,35 grammes (g)
1 livre (lb)	= 453,6 grammes (g)
1 tonne courte (t.c.)	= 0,91 tonne (t)

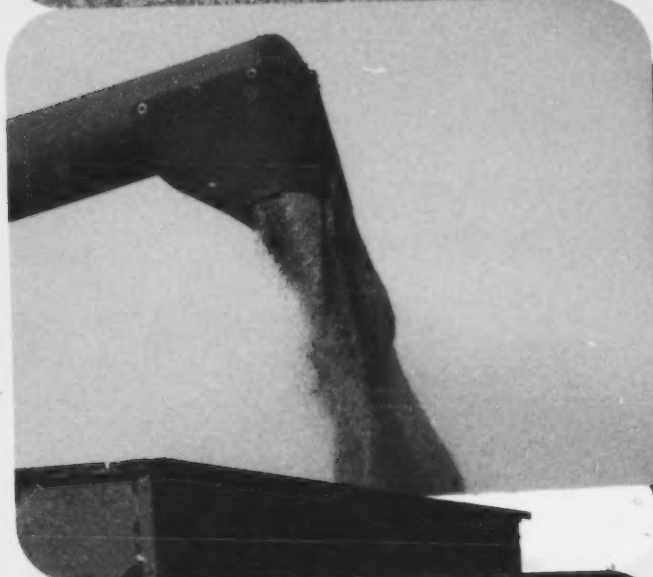
## Pression

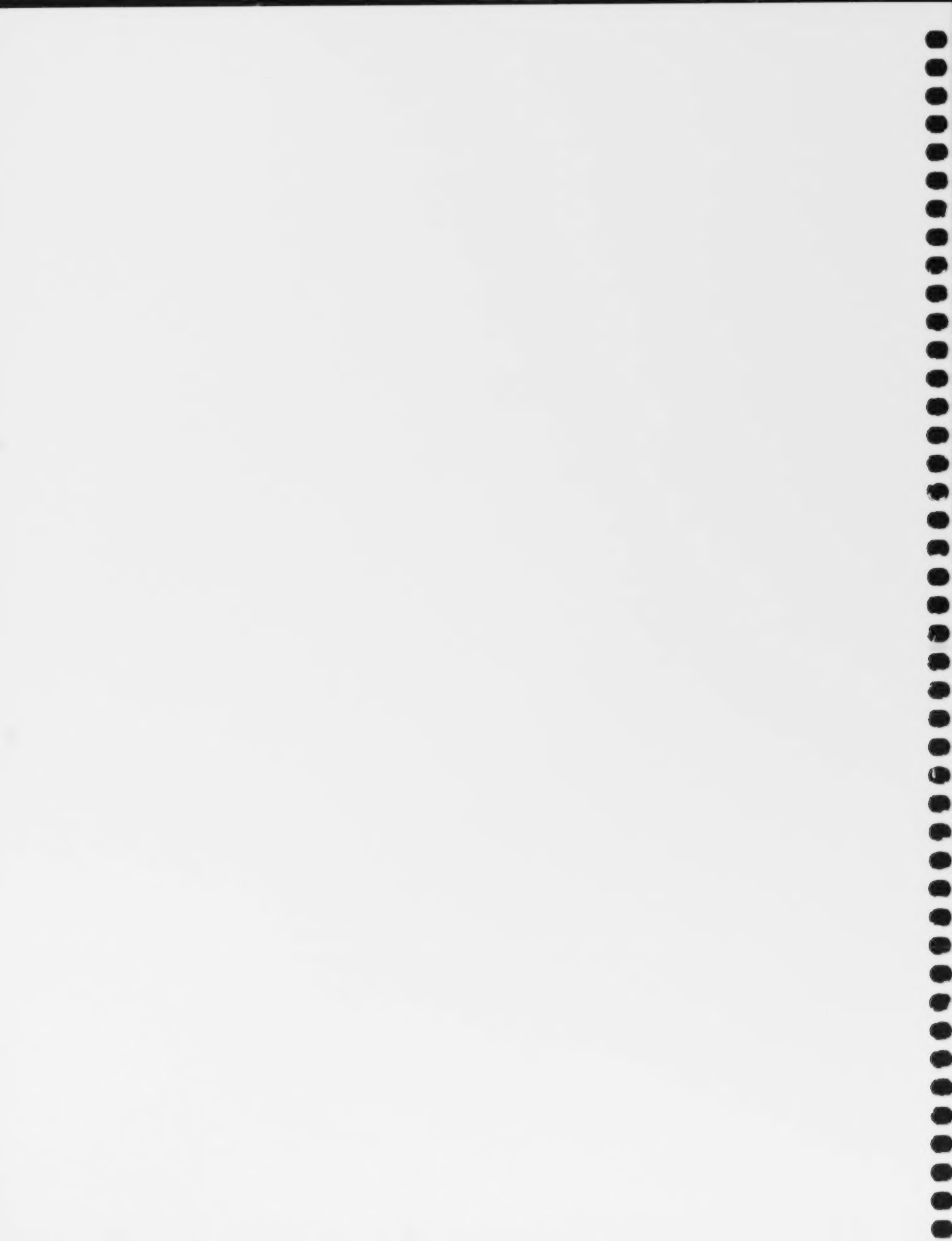
1 livre par pouce carré (lb/po <sup>2</sup> )	= 6,90 kilopascals (kPa)
---	--------------------------

## Température

°C	= (°F - 32) x $\frac{5}{9}$
----	-----------------------------







# 16. Index

## A

- acide propionique et conservation du foin 72
- aération des cellules de stockage 183
- alpiste roseau 53, 54
- altise des crucifères 223, **295**
- altise des navets (voir *altise rayée*)
- altise du maïs 201, **290**
- altise rayée 223, **295**
- ammoniac anhydre sur foin de mauvaise qualité 73
- analyse des tissus végétaux 24, 45, 67, 100, 114, 157
- anthracnose du trèfle 242
- anthracnose 242, 254, **305**
- applications d'azote, moment opportun 99
- asticots 195
- avoine de meunerie 88
- avoine nue 88
- avoine 88
  - maladies 252
  - nématode à kyste de l'avoine 252
  - rouille couronnée 252
- azote 19, 44, 66, 97, 113, 123
  - application 22
  - atténuation des risques 172
  - carence 19, **279**
  - engrais azotés 173, 174
  - faire preuve de jugement 99
  - feuille de calcul des doses d'azote (maïs, impérial) 258
  - feuille de calcul des doses d'azote (maïs, métrique) 21
  - feuille de calcul, explications 259

## B

- besoins en engrais, calcul 176
- biosolides d'épuration 145
  - sur les terres agricoles 172
- biotechnologie 34, 89
- blanc (voir *oidium*)
- blé d'automne 88
  - semis aérien 84
- blé de meunerie 89
- blé de printemps 89
- blé fourrager 89
- blé infecté par la carie 103
- blés rouges d'automne 98
- bore 68, 102, 115, 124, 162
  - carence 68, 81, 102, 124, 162, **282**
- brise-vent et haies brise-vent 151
- brome des prés 52, 54
- brome inerme 52, 54
- brûlure bactérienne 238, 253, **301, 305**
- brûlure des plantules (*Pythium*) 240
- brûlure phomopsienne 240

## C

- calcium 161
- calibrage des épandeurs 170

## canola

- carences en éléments nutritifs 124
  - cultivars d'automne et cultivars de printemps 120
  - épandage d'azote au printemps 123
  - état du lit de semence 121
  - floraison 122
  - maladies 256
  - moissonnage-battage 125
  - ravageurs 222
  - récolte par coupe directe 125
  - semis à la volée 85, 122
  - semis précoces 120
  - semis tardifs du canola 120
  - stades de croissance 122
  - variabilité d'un champ à l'autre 119
- ### canola d'automne
- choix du cultivar 120
  - emplacement et rotation des cultures 119
  - épandage d'azote à l'automne 123
  - épandage au printemps 123
- ### canola de printemps
- 120, 123
- ### carence (voir chaque élément nutritif)
- ### carie commune (blé) 250
- ### carie naine 250
- ### cécidomyie du chou-fleur 225, **296**
- ### cercosporose 239, **301**
- ### céréales
- croissance 91
  - espèces 59, 87
  - germination sur pied, tolérance 85
  - grain endommagé par *Fusarium* 102
  - maladies 243
  - ravageurs 217
  - récolte à sens unique (céréales versées) 103
  - reprise des semis 93
  - semis précoces 92
- ### céréales d'automne 55, 87, 88, 93, 146
- ### céréales de printemps 55, 92, 146, 148
- semis sur sol gelé 84
  - chancre des tiges 237, **300**
- ### charançon 213, **293**
- ### charançon de la graine du chou 224, **295, 296**
- ### charançon du blé 186, **285**
- ### charançon postiche de la luzerne 214, **294**
- ### charbon 230, 249, **297, 298, 304**
- ### chaulage 69, 158
- ### chaux (voir aussi *indice agricole*)
- profondeur du labour 159
  - qualité 158
- ### choix des cultivars 33, 60, 85, 110, 120
- ### choix des hybrides 8
- et récolte 12
  - les plus rentables 9
  - destinés à l'ensilage 11

- passage à des cycles plus courts 11
- « chevaux de trait » et « chevaux de course » 10
- chrysomèle des racines du maïs 204, **291**
- chrysomèle du haricot 210, **293**
- chrysomèle du tournesol 226
- cicadelle de la pomme de terre 215, **294**
- coccinelle mexicaine des haricots 221, **295**
- coccinelles, larves 209, **292**
- compactage, prévention 151
- complexe de la pourriture des racines 252, **305**
- complexe des maladies des plantules 256
- complexe des pucerons des céréales 217
- compost 145
- concurrence aux mauvaises herbes par la culture 190
- conversions au Système international (métrique) 270–272
- couleur du hile 33
- couverture de neige 81
- criocère des céréales 219, **295**
- crucifères fourragères : colza, chou, navet 58, 148
- cucujide roux 186, **284**
- cuivre, carence 102, 162
- culture-abri récoltée comme céréale 64
- culture-abri récoltée pour l'ensilage 65
- cultures couvre-sol 146, 148
- cultures fourragères
  - choix des espèces 58
  - coupe et conditionnement 71
  - détérioration 76
  - établissement 62
  - gestion du fauchage 81
  - mélanges d'espèces 60, 61
  - période de récolte 70
  - pertes à la récolte 71, 72, 74, 75
  - qualité 69
  - ravageurs 213
  - semis avec culture-abri 64
  - semis direct 65
  - semis de printemps 62
  - semis d'été 62
  - semoirs à la volée 64
  - semoir à céréales 63
  - semoirs cultitasseurs 64

**D**

- dactyle pelotonné 52, 54
- débit d'air, détermination 47, 104
- déchaussement 78, 81, 107, **282, 283**
- degrés-jours (DJ) 180
  - et unités thermiques de croissance 180
- densité de peuplement
  - détermination 179
  - maïs 12
- dépistage
  - matériel 257
  - moment opportun 177
  - outils 177
  - schéma 178
  - techniques dans les grains entreposés 186
- déprédateurs (voir *ravageurs*)

- dessèchement 228, **297**
- développement des plants 41, 112, 122
- dicotylédones légumineuses 51, 147
- dicotylédones non légumineuses 58, 147
- dommages, causes
  - chaleur 29, 123, 127, **284**
  - foudre 50, **281**
  - froid 28, 50, 107, **280, 281, 284**
  - grêle 29, 48, 118, 126, **280, 281**
  - oiseaux 30, **280**
- dosage de N (nitrates)
  - avant épandage en bandes 19, 98, 99
- doses d'engrais sûres 175

**E**

- écartement des rangs 17, 37, 95, 112
- échantillonnage pour identification ou diagnostic 156–157, 178–179, 266
- échantillons (voir aussi *échantillonnage*)
  - manipulation 266
  - prélèvement 156–157, 266
  - préparation 158, 266
- échaudage (voir *dommages, chaleur*)
- échelle de Zadok 91
- éléments nutritifs
  - évaluation des besoins 155
  - prélèvement/assimilation 168–170
- élongation de la tige (montaison) 122
- engrais 173 (voir aussi *fertilisation*)
  - dommages **280, 282, 283, 286**
  - doses maximales sûres 23, 175, 176, **280**
  - foliaires 176
  - mise en place (maïs) 6
  - phosphatés 175
  - potassiques 175
  - vert 130
- ensemencement (voir *semis*)
- ensilage
  - échauffement 75
  - fermentation 74
  - gestion de la récolte 75
  - inoculants bactériens 76
  - limiter la détérioration 76
  - mesures de la qualité 69
  - modes d'entreposage 73
  - problèmes et causes 77
  - pertes liées à l'entreposage 74
  - types de silos 75
- ensilage de maïs
  - récolte et entreposage 73
- ensilage préfané
  - et ensilage de maïs 73
  - en grosses balles 77
- entreposage des grains dans des cellules 183
- entreposer des grains propres et secs 185
- équations prédictives de la qualité de la luzerne 70
- ergot 251
- espacement des plants (vides) 40

**F**

- fausse-teigne des crucifères 225, **296**
- fer et molybdène 162
- fertilisation (voir aussi *engrais*)
  - après enfouissement de légumineuses 163
  - après épandage de fumier 163
  - au moment du semis 23
  - foliaire 24
- fétuque des prés 53, 55
- fétuque élevée 53, 55
- fétuque rouge traçante 53, 54
- filets fauchoirs 177
- fléole 52, 54
- flétrissement bactérien 243
- foin 70
  - altération dans l'andain 71
  - ammoniac anhydre sur mauvais foin 73
  - chevaux 73
  - conservation à l'acide propionique 72
  - échauffement 72
  - pertes à la récolte 71
  - respiration 71
  - séchoirs en grange 73
- fongicides et régulateurs de croissance 96
- fongicides, moment des applications 97
- fonte des semis (voir aussi *maladies des plantules*) 243, 244, 251, **302**
  - causée par *Pythium* 240
- fossés et ruisseaux, protection 151
- fourrages annuels 55
- froid en début de saison (maïs) 28
- froid et gel, dommages 48, 50, 118, 126, **280, 281, 282**
- fumiers 163
  - analyse 166
  - azote minéral et organique 164, 165
  - biodisponibilité des éléments nutritifs 164
  - et semis direct 169
  - gestion 163
  - préoccupations environnementales 171
  - valeur 163, 167
- fumigation de sauvetage 185
- fusariose
  - dans le blé, l'essentiel de la lutte 96
  - de la tige 232, **298**
  - de l'épi 233, 249, 251, **298, 304**
  - de l'épi et du grain 232, **298**
  - prévision 97

**G**

- gaz d'ensilage 77
- gestion de la fertilisation 19, 44, 66, 97, 113, 123, 130, 132, 135
- gestion des cellules de stockage 183
- gestion des pâturages 69
- gestion des résidus 6, 144
- glace 81, 107
- gousses et semences, maladies 239
- grain endommagé par *Fusarium* 102
- graine, caractéristiques de qualité 120

- graines brunes (endommagées par la chaleur) 127
- graines pourpres 239
- graines restées vertes à maturité 50, **282**
- graines vertes (canola) 127
- grains entreposés
  - identifier les ravageurs 185
  - dépistage des insectes des grains 186
  - maîtrise des insectes ravageurs 184
  - vérification 184
- graisse bactérienne à halo 253
- graisse bactérienne commune (haricot sec comestible) 253
- graminées 52, 146
  - de saison chaude 56, 147
  - graminées vivaces 52
- guêpes parasites (insectes utiles) 209, **292**

**H**

- hanneton commun 196, **288**
- hanneton européen 195, **288**
- haricots comestibles (voir *haricots secs comestibles*)
- haricots secs comestibles
  - coupe directe 115
  - maladies 109, 117, 252
  - récolte 115
  - ravageurs 117, 220
  - maintien de la qualité à la récolte 116
  - type à croissance déterminée (nain) 113
  - type à croissance indéterminée (grimpeur) 113
- herbe du Soudan 57
- herbicides de pré-récolte aidant la récolte du canola 125
- herbicides, blessures causées 192, 193, 194, **285-288**
- herméticité des silos 76
- hespérie des graminées 216
- hiver, destruction 78, 80, 105, 127
  - cultivars de luzerne tolérants 81

**I**

- identité préservée, IP (voir *préservation de l'identité*)
- indice agricole de la chaux 159
- inoculation 35, 65, 112
- inondation 29, 81
- insectes défoliateurs 210, 221
- insectes perceurs des gousses 212
- intoxication à l'acide prussique 57
- intoxication aux nitrates 57

**J**

- jambe noire 256, **306**
- jaunisse nanisante de l'orge 247, **303**

**K**

- kabatiellose, rhizoctone ocellé 229, 245, **297, 303**

**L**

- laboratoires
  - aliments pour animaux, mycotoxines et moisissures 261
  - analyses de sol 260
  - diagnostic 266
  - nématodes 262, 266
- labour profond 4, 152



légionnaire d'automne 206, **292**  
 légionnaire uniponctué 219, **290**  
 légumineuses vivaces 51  
 ligne d'amidon, maïs à ensilage 74  
 limaces 199, **289**  
 lin 132  
 lit de semence, préparation 62, 129  
 longueur de coupe des fourrages 75  
 longueur de rang équivalant à un millième d'acre 179, 268  
 lotier corniculé 51, 54  
 luzerne 51, 54  
   autotoxicité 65  
   évaluation des chances de survie à l'hiver 82  
   mineuse virgule 214, **294**  
   qualité d'une culture sur pied 70  
   survie à l'hiver 80

## M

magnésium 23, 160  
   carence 23, 161, **279**  
 maïs  
   croissance 13  
   entreposage 25  
   récolte 24  
   maladies des plantules 228  
   maladies foliaires 228  
   qualité du grain 25  
   ravageurs 6, 200  
   récolte au bon moment pour l'ensilage 74  
   résistance à la verse 10  
   stades de croissance foliaire 14, 15  
 maladie de Stewart 229, **297**  
 maladie des taches de poivre 242, **302**  
 maladie foliaire du maïs 228  
 maladies  
   calendrier de dépistage 27, 49, 79, 106, 117, 126  
   de l'épi et du grain (céréales) 248  
   des feuilles et des tiges 235, 245  
   des plantules 228, 233, 243, 251, **302**  
   du collet et des racines (légumineuses) 242  
   foliaires 242  
 manganèse 23, 45, 100, 114, 161  
   carence 161, **281, 283**  
 manipulation des échantillons 20  
 marbrure des gousses du haricot 239  
 matière organique (MO) 138  
   ajout de résidus de cultures 144  
   épandage 145, 170  
   réduction des pertes 149  
 matières de source non agricole 145  
 maturité des graminées pour la récolte 60  
 mauvaises herbes 189  
   concurrence 190  
   effets sur les pertes de récolte 189  
   influence des espèces sur les pertes de rendement 191  
   lutte 6, 109, 189  
   lutte mécanique 189, 191  
   période critique d'absence 190  
   mélanges céréales-pois 56

mélanges de céréales 88  
 mélilot 52, 54  
 mesure de la teneur en eau 74  
 mesure du taux d'humidité relative 48  
 méthode EPQL (voir *équations prédictives de la qualité de la luzerne*)  
 mildiou 236, **300**  
 mille-pattes 198  
 millet à chandelle 56  
 moisissures nivéales 245, **303**  
 mosaïque commune du haricot 254  
 mouche de Hesse 218  
 mouche des légumineuses 199, **289**  
 moucheture et tache des glumes 248

## N

nécrose des tiges 252  
 nécrose racinaire précoce 241  
 nématode à kyste du soya 235, 254, 262, **299**  
 nettoyage de la rampe de pulvérisation 97  
 noctuelle de la pomme de terre 202, **290**

## O

oidium (blanc) 236, 248, **299, 304**  
 oligo-éléments 23, 24, 45, 68, 100, 114  
   analyses 157  
   engrais 161  
   et éléments nutritifs secondaires (maïs) 23  
 orge 87  
   à grains nus 88  
   d'automne 87  
   maladies 251  
 ozone, dommages causés 118, **283**

## P

paille  
   enlèvement (lin) 133  
   qualité et quantité 86  
   valeur 86  
 pâturages tournants 69  
 pâturin 53, 55  
 période critique de récolte d'automne pour la luzerne 80  
 périodes critiques d'absence de mauvaises herbes 190  
 perte par suintement (ensilage) 75  
 pertes à l'entreposage (ensilage) 72  
 pertes d'éléments nutritifs du fumier 167  
 pertes d'origine mécanique à la récolte 71  
 pertes dues à la respiration des fourrages 74  
 petit perceur des céréales 187, **285**  
 peuplement fait uniquement de graminées 60  
 pH du sol  
   diminution 160  
 pH tampon 158  
 Phomopsis  
   pourriture des graines 240, **301**  
   brûlure phomopsienne 240, **302**  
 phosphate et potasse 22, 44, 67, 100, 114, 124, 160  
 phosphore, carence 22, **279**  
 phosphore, évaluation des risques 172  
 pièges-sondes 186, **284**

piétin brun 232, 244  
 piétin commun 251  
 piétin fusarien 244  
 piétin-échaudage 244, 303  
 plans de gestion des éléments nutritifs 163  
 plantules, maladies 233, 240, 243  
 poids d'un boisseau de semences 269  
 poids et teneurs en eau des semences de céréales 269  
 poids spécifique 11, 269  
 points d'échantillonnage 178  
 pollinisation croisée du canola 128  
 potassium, carence 22, 279, 281, 282  
 pourriture à sclérotés 255, 305, 306  
 pourriture brune des tiges 237  
 pourriture brune 241  
 pourriture de la tige du maïs 228, 231, 296, 298  
 pourriture des racines 228, 233, 243  
 pourriture des semences (*Pythium*) 240  
 pourriture fusarienne 252, 298, 302  
   de la tige 232  
 pourriture phytophthoréenne 233, 240, 299, 302  
 pourriture sèche de l'épi 233  
 pourriture sèche de la tige 232  
 pourritures  
   des semences et maladies des plantules 227  
   de la tige 231  
   et moisissures de l'épi 232  
 préservation de l'identité 46  
   cultivars 34  
 principes d'aération 184  
 principes de gestion des éléments nutritifs 155  
 programme d'analyse de sol du MAAARO 155  
 puceron des épis de céréales 217  
 puceron du maïs 207, 217, 292  
 puceron du merisier à grappes 217, 294  
 punaise fétide 212, 293  
 punaise terne 222, 295  
 punaise verte du soya 212, 293  
 pyrale du maïs 202, 290, 291  
 pyrale indienne de la farine 186, 284

## Q

qualité (voir aussi *chaux, ensilage, grain, graine, luzerne, méthode EPQL, paille, semences, et sol*)  
   de l'air 154  
   de l'eau 153

## R

rangs étroits 17  
 ratio légumineuse-graminée 60  
 ravageurs généraux des grandes cultures 195  
 ravageurs, calendrier de dépistage 27, 49, 79, 106, 117, 126  
 ray-grass annuel 58  
 ray-grass d'Italie 58  
 ray-grass vivace 53, 55  
 ray-grass Westerwold 58  
 rayures réticulées 251, 305  
 récolte de céréales versées 47, 103, 282  
 récolte et entreposage 24, 46, 69, 102, 115, 125

récolte précoce ou tardive (fourrages) 60  
 recommandations d'engrais 158  
 réduction de l'érosion du sol 149  
 réduction des quantités d'engrais recommandées 162  
 registre des observations sur le terrain 179  
 réglage du rabatteur 103  
 releveurs d'épis 103  
 rendement du semoir 7  
 repousse de céréales 63  
 reprise des semis 18, 40, 112, 122  
 résistance à l'hiver et tolérance au froid (céréales) 86  
 résistance au délavage par la pluie 97  
 résistance aux herbicides 192  
 rhizoctone commun 234, 299  
 rhizoctone ocellé 245  
 rhynchosporiose (orge) 251  
 rotation des cultures 1, 6, 147  
   considérations 32, 109, 119  
   incluant le blé d'automne 96  
 rouille asiatique du soya 238, 300  
 rouille commune (maïs) 230, 297  
 rouille couronnée 252  
 rouille des feuilles 246, 303  
 rouille des tiges 246, 303  
 rouille jaune 246  
 roulage 39  
 rouleaux, passage dans le canola 122

## S

santé du sol, évaluation 141-143  
 sarrasin 129  
 scarabée japonais 197, 289  
 sclérotiniose (voir *pourriture à sclérotés*)  
 séchage, systèmes (céréales) 103  
   à basse température 104  
   à haute température 104  
   à l'air ambiant 25, 47, 104  
   à l'air chaud et à l'air ambiant 25, 47  
 séchage, températures (maïs, soya) 25, 47  
 séchage et entreposage  
   maïs 25  
   blé 103  
 sécheresse 30, 279  
 séchoirs à foin en grange 73  
 séchoirs à grains 47  
 seigle 89, 148  
 sels solubles 173  
 semences  
   étouffement 121  
   pourritures 228, 233, 243  
   problèmes liés à la qualité 118  
   qualité 34, 110, 120  
   traitement 39, 120

semis 12, 129, 132, 134

date 12, 36, 62, 92, 110, 121

et croissance de la culture 34, 90, 110, 120

et entretien du semoir 16

matériel 63

profondeur 13, 39, 63, 90, 91, 121, **281**

taux 37, 63, 94, 111, 121, **280**

sol

acidité et chaulage 158

analyse 155

biologie 139

boîtes à échantillons et feuilles de renseignements 157

compactage 7, 139, 141, 142

conductivité 174

drainage 5, 81

échantillonnage 156, 157

encroûtement 39, 112

érosion 139

fertilité et pH 81

formation 137

qualité 138

ravageurs 195

sain, pratiques 144

structure 139, 140

texture et drainage 1

type et structure 109

variabilité 137

sorgho et hybride sorgho-Soudan 57, 59, 148

soufre 23, 68, 124, 161

carence **283**

soya

choix des cultivars 33

destiné au fourrage 56

dommages à la tige 50

germination et levée 41, **281**

maladies 233

pertes de récolte 46

puceron 208, **292**

ravageurs 208

récoltes successives 36

réductions de peuplement 40

rouille 238, **300**

séchage 47

semis ponctuel 41

semis retardés 36

viabilité et détérioration des semences 34

syndrome de la mort subite 237, **300**

syndrome du rang de maïs 83, 84, **282**

**T**

taches bronzées 249

taches brunes 235, **299**

taches communes (luzerne) 242

taches des glumes 248, **304**

taches grises (maïs) 230

taches helminthosporiennes 251, **304**

taches ovoïdes 252

taches septoriennes 248, **304**

teneur du sol en azote des nitrates

maïs 19

orge 98

teneur en eau à l'équilibre 26, 48, 105

teneur en eau et coût de séchage (maïs) 10

terre à diatomées 185

terres fragiles, abandon 151

tétranyque à deux points 209, **293**

tissus végétaux, échantillonnage 157

ournesol 133

toxicité des engrais 174, 175

travail du sol 1, 62, 83, 129, 132, 133

choix de méthodes 31, 83, 109, 119, 129

justification 2

profondeur en vue du chaulage 159

réduction 152

travail du sol, systèmes 5, 31, 63, 64, 83, 152

charrue à versoirs 152

charrue chisel 153

disques 153

labour profond (sous-solage) 4, 152

méthode traditionnelle 2, 84, 119

travail réduit 2, 3

travail réduit et semis direct 119

travail par bandes 3

trèfle blanc 52, 54

trèfle d'Alsike 52

trèfle kura 52, 54

trèfle rouge 51, 54

triticale et épeautre 89

**U**

uniformité de l'espacement (maïs) 16

uniformité de la levée 16, **280**

uniformité des épangages d'engrais azoté 99

unités thermiques de croissance (UTC) 181

et degrés-jours 180

maturité 33, 110

système modifié 8

UTC-M1 et maturité des hybrides 9

**V**

ver de l'épi du maïs 206, **292**

ver fil-de-fer 198, **289**

ver-gris noir 200, **290**

ver-gris occidental du haricot 205, **291**

vérification des cellules de stockage 184

verticilliose 243, **302**

virus de la mosaïque du blé transmis par le sol 247

virus de la mosaïque du navet 256, **306**

virus de la mosaïque du soya 239, **301**

virus de la mosaïque striée du blé 247

vulpin des prés 53

**Z**

Zadok, échelle 91

zinc 23, 102, 115, 161

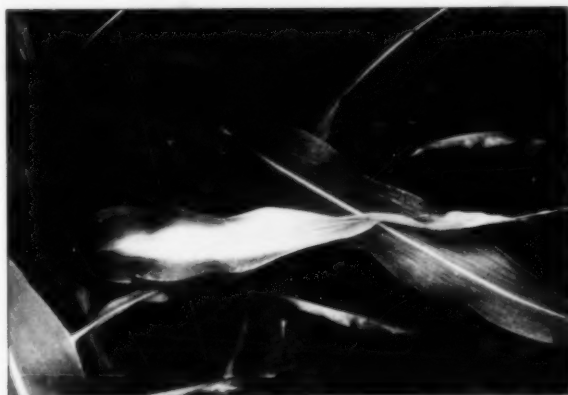
carence 23, 161, **279**







## 17. Planches couleur



**Planche 1.** Carence en azote qui se manifeste d'abord sur les feuilles du bas. Le jaunissement commence à la pointe des feuilles, puis progresse le long de la nervure principale.



**Planche 3.** Carence en potassium se manifestant d'abord sur les feuilles du bas par le jaunissement et le brunissement de la pointe puis des pourtours des feuilles.



**Planche 5.** Carence en zinc prenant la forme d'une large bande blanche près de la base de la feuille chez les jeunes plants.



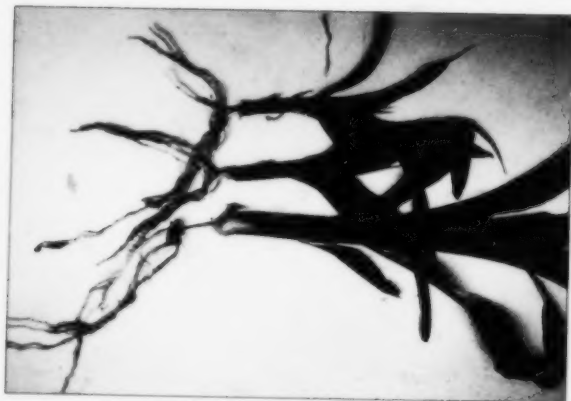
**Planche 2.** Feuilles de maïs violacées, résultat d'un stress causé le plus souvent par du temps froid ou des blessures aux racines. Il peut s'agir à l'occasion d'une carence en phosphore.



**Planche 4.** Carence en magnésium qui se manifeste d'abord sur les feuilles du bas par des bandes jaunes qui peuvent devenir rouge violacé à mesure que la carence s'accroît.



**Planche 6.** La carence en eau (ou stress dû à la sécheresse) affecte surtout les rendements quand elle survient du stade de la formation de la panicule et à celui de l'apparition des soies.



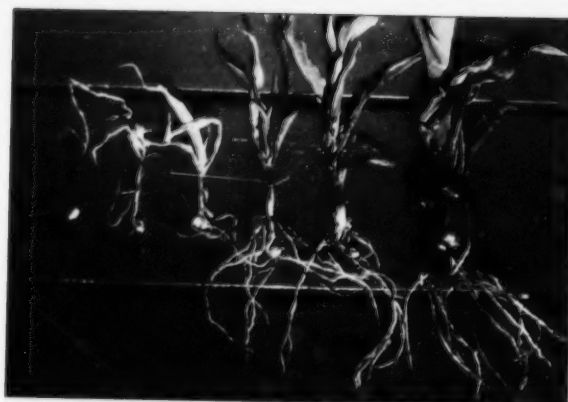
**Planche 7.** Levée inégale, résultat de l'enfouissement des semences à des profondeurs différentes.



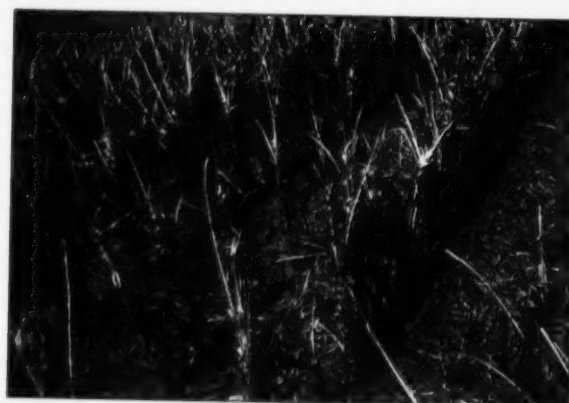
**Planche 9.** Maïs endommagé par le gel à la mi-juin. Les plants plus petits peuvent s'en remettre, mais la croissance des plants plus vieux peut être limitée par les tissus détruits par le gel.



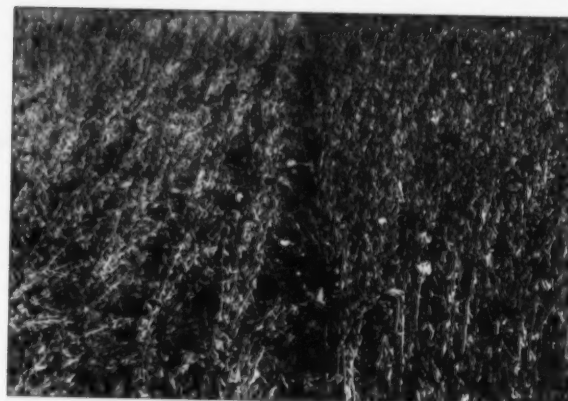
**Planche 11.** Dommages attribuables aux oiseaux sur des épis de maïs.



**Planche 8.** Les engrais peuvent causer la brûlure des racines séminales, ce qui retarde la croissance jusqu'à ce que les racines coronales se développent. Il en résulte une levée inégale.



**Planche 10.** Les pertes de rendement les plus grandes attribuables à la grêle surviennent lorsque le maïs est défolié au stade de la formation de la panicule.



**Planche 12.** Des taux de semis élevés peuvent entraîner la verge. À gauche, les semis ont été réalisés au taux de 250 000 graines/acre. À droite, un peuplement de 200 000 graines/acre ne montre pas de verge.



**Planche 13.** Manque d'uniformité dans la germination ou la levée dû à des semis trop superficiels dans une terre sèche. À gauche, semis à 4 cm de profondeur (1,5 po); à droite, semis à 2 cm (0,75 po).



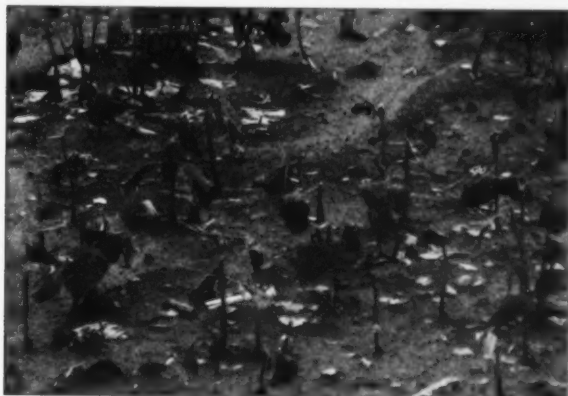
**Planche 14.** Carence en potassium (K) se manifestant sur le feuillage plus vieux par le jaunissement ou le brunissement du pourtour des feuilles.



**Planche 15.** Carence en manganèse (Mn) reconnaissable aux feuilles supérieures qui deviennent vert pâle, ou presque blanches, tandis que les nervures restent vert foncé.



**Planche 16.** Dommages causés par le gel. Quand le gel endommage le point végétatif sans affecter la tige, le plant peut se rétablir en émettant une nouvelle pousse à l'aisselle des feuilles.



**Planche 17.** Dommages causés par la grêle. Le soya est surtout vulnérable à la grêle pendant la floraison et le remplissage des gousses.



**Planche 18.** Les dommages causés par la foudre prennent la forme de petites plages circulaires avec une bordure bien définie.



**Planche 19.** Chez les plants stressés par la sécheresse, on trouve des graines restées vertes à maturité parce que la chlorophylle ne s'est pas décomposée au stade du remplissage des gousses. À droite, des graines vertes à maturité.



**Planche 20.** Carence en potassium (K) chez la luzerne signalée par de petites ponctuations claires près du pourtour des folioles.



**Planche 21.** Carence en bore qui se manifeste par le jaunissement ou le rougissement des feuilles du haut et par un ralentissement de la croissance.



**Planche 22.** Le déchaussement des plants de luzerne est causé par les cycles de gel et de dégel du début du printemps, qui ont pour effet de soulever le collet.



**Planche 23.** Syndrome du rang de maïs dans le blé d'automne causé par la rémanence des engrais ou des pesticides dans les rangs des cultures précédentes.



**Planche 24.** Verse due au chevauchement des travées et/ou à des doses excessives d'engrais azoté. Cet engrais azoté peut brûler les feuilles et réduire le rendement.





**Planche 25.** Brûlure des feuilles par de l'engrais à base de nitrate d'ammonium et d'urée (NAU) à 28 %.



**Planche 26.** Dans l'avoine, une carence en manganèse se manifeste par des taches ovales, grises et irrégulières sur les feuilles.



**Planche 27.** Dans le blé d'automne, les carences en manganèse (stries jaune pâle entre les nervures) se produisent surtout dans les sols sableux au pH élevé ou dans les terres noires.



**Planche 28.** Déchaussement de plants de blé d'automne occasionné par les cycles de gel et de dégel en début de printemps qui ont pour effet de soulever le collet.

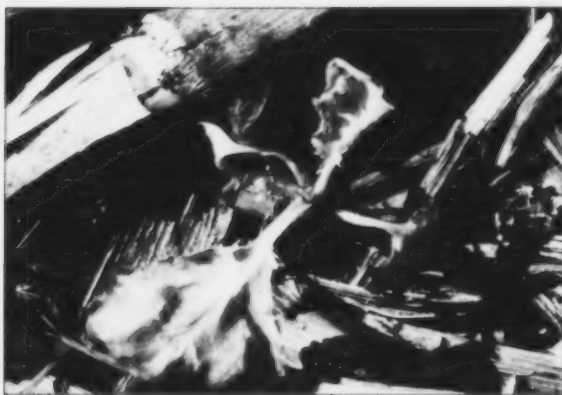


**Planche 29.** « Bronzage » causé par l'ozone. De fortes concentrations d'ozone peuvent endommager les feuilles et provoquer le bronzage de leur face supérieure.



**Planche 30.** Chez le canola ayant une carence en soufre, le feuillage est marbré en surface et mauve au revers, et les fleurs sont jaune pâle et plus petites que d'habitude.

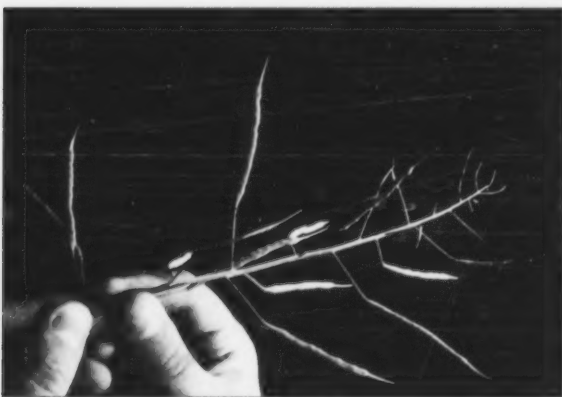




**Planche 31.** Les plantules de canola peuvent se remettre du gel si le point végétatif n'est pas endommagé et garde sa couleur verte.



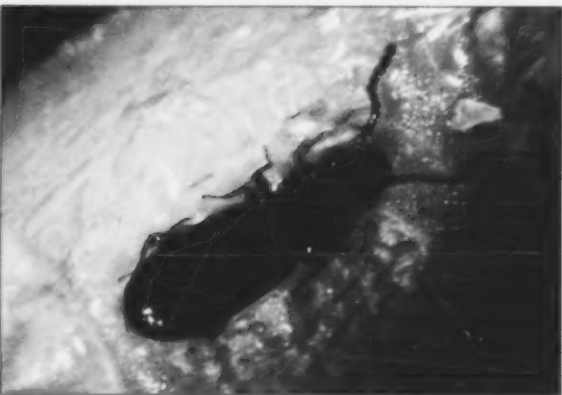
**Planche 32.** Dommages causés par le froid à des feuilles de canola d'automne.



**Planche 33.** Échaudage. Des températures élevées durant la floraison peuvent provoquer l'apparition de signes d'échaudage (surtout chez les cultivars de printemps) et réduire le rendement en graines.



**Planche 34.** Dépistage des insectes à l'aide de pièges-sondes insérés dans le grain.



**Planche 35.** Le cucujide roux adulte possède des antennes aussi longues ou plus longues que sa tête et son thorax combinés.



**Planche 36.** La pyrale indienne de la farine adulte laisse des toiles sur le dessus du tas de grains.



**Planche 37.** Le charançon du blé est un coléoptère au thorax couvert de petites dépressions ovales.



**Planche 38.** La tête du petit perceur des céréales est inclinée vers le bas et elle est recouverte d'un large bouclier prothoracique. Ce ravageur dégage une odeur de moisi.



**Planche 39.** Racines de maïs trapues, épaisses et peu développées à cause de dommages causés par le Prowl (pendiméthaline).



**Planche 40.** Plant de haricot sec comestible endommagé (droite) par le Frontier (diméthénamide), comparé à un plant sain (gauche). Le jaunissement du pourtour des feuilles est un symptôme précoce de dommage par un herbicide; plus tard, le tissu malade se nécrose (brunit).



**Planche 41.** Dommages par le Dual II Magnum (s-métolachlore/bénoxacor) qui donnent à la feuille de soya la forme d'un cœur, comme si elle était plissée par un lacet de serrage.



**Planche 42.** Réaction du soya à des résidus d'atrazine. À noter : le pourtour jauni de la feuille inférieure. Le jaunissement s'étend ensuite vers le centre de la feuille. Le tissu foliaire jaune finit par virer au brun.



**Planche 43.** Réaction du soya à une éclaboussure de Sencor (métribuzine). À noter : le brunissement très prononcé qui affecte une grande part de la feuille du bas.



**Planche 44.** Brûlure de tissu foliaire du maïs par le Pardner (bromoxynil).



**Planche 45.** Dérive de Reglone (paraquat) sur un champ de maïs. À noter : la nécrose avancée (brunissement) des feuilles du bas, tandis que les nouvelles feuilles ne sont pas touchées.



**Planche 46.** Réaction du tissu foliaire du maïs au Reflex (fomésafène). À noter : la nécrose grave (brunissement) qui a entraîné la fusion de la nouvelle feuille, empêchant le développement normal de la végétation subséquente.



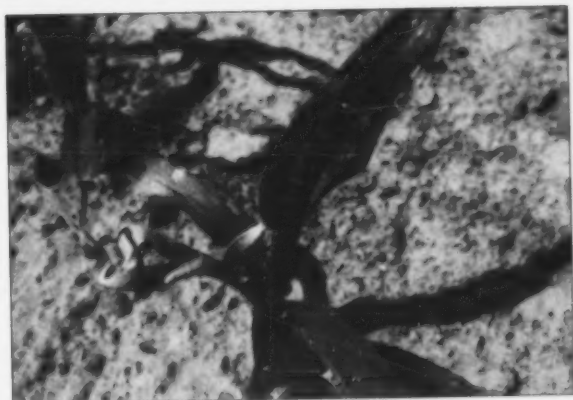
**Planche 47.** Dommages causés par un surfactant au soya.



**Planche 48.** Brûlure de tissu foliaire chez le blé d'automne causé par un engrais à base de nitrate d'ammonium et d'urée (NAU).



**Planche 49.** Réaction du maïs à des embruns accidentels de Assure II. Sur le plant de maïs, les symptômes se traduiront par un retard de la croissance, le rougissement des tissus foliaires et le brunissement du point végétatif.



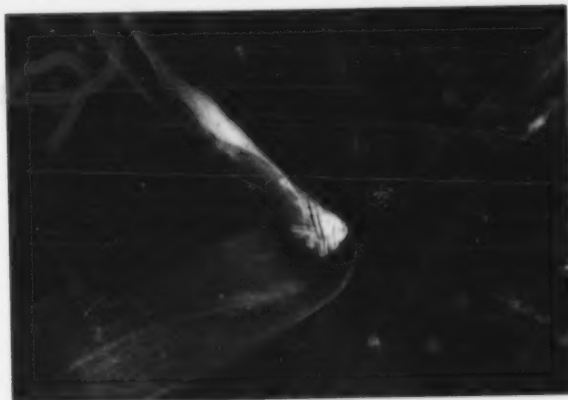
**Planche 51.** Réaction du maïs à des embruns de Pursuit (imazéthapyr). À noter la déformation des feuilles et la couleur rouge violacé des tissus foliaires.



**Planche 53.** Dommages causés par le 2,4-D à un plant de haricot sec comestible. Ils se distinguent souvent des dommages imputables au dicamba par l'élongation du pétiole de la feuille trifoliée, le « gonflement » du tissu foliaire et le rétrécissement des feuilles trifoliées sur leur largeur.



**Planche 50.** Soya endommagé par le Classic (chlorimuron). Les trois symptômes courants de dommages par cette classe d'herbicides sont la déformation des feuilles, le jaunissement des tissus foliaires, et la coloration brune ou rouge des nervures au revers du feuillage.

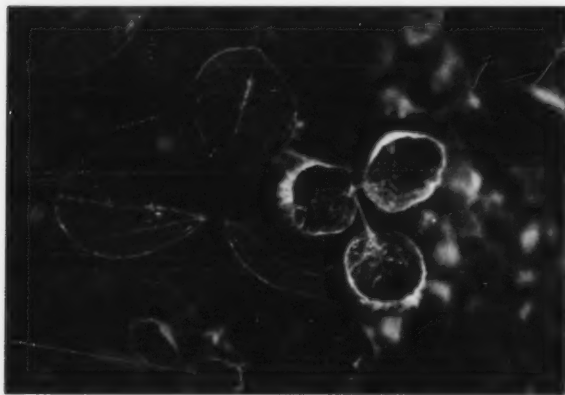


**Planche 52.** Dommages causés par l'Ultim, l'Accent ou l'Option au maïs se manifestant par la déformation et le jaunissement du nouveau tissu foliaire.



**Planche 54.** Torsion et déformation des épis de blé d'automne à la suite d'une application de 2,4-D pendant la culture en automne.





**Planche 55.** Feuilles de soya prenant la forme de cuvettes en réaction à la dérive accidentelle de dicamba.



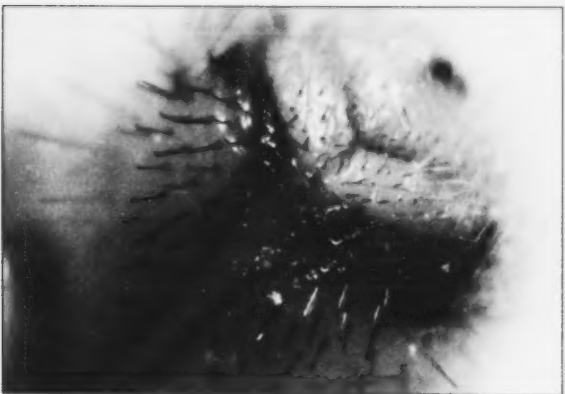
**Planche 56.** Conséquences d'embruns de glyphosate sur le soya non tolérant. À noter : la couleur jaune du jeune tissu foliaire, symptôme caractéristique des dommages causés par ce produit.



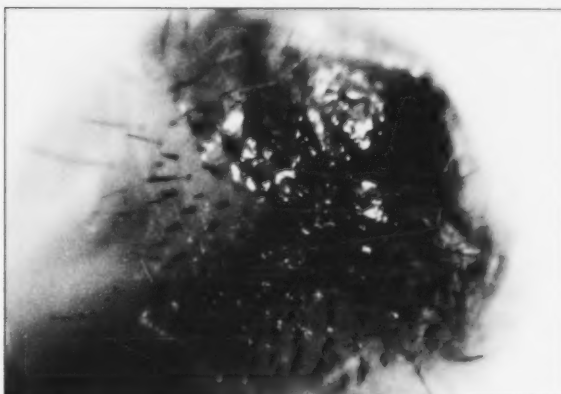
**Planche 57.** Réaction du soya à des embruns de Callisto (mésotrione) : décoloration caractéristique des nouvelles feuilles. Les tissus foliaires virent au jaune puis au brun.



**Planche 58.** Décoloration de tissus foliaires chez une céréale de printemps à cause de la rémanence du Command (clomazone). Le tissu foliaire passera du blanc au mauve rosé puis au brun. La plus grande part du tissu blanchi ne se rétablira pas complètement.

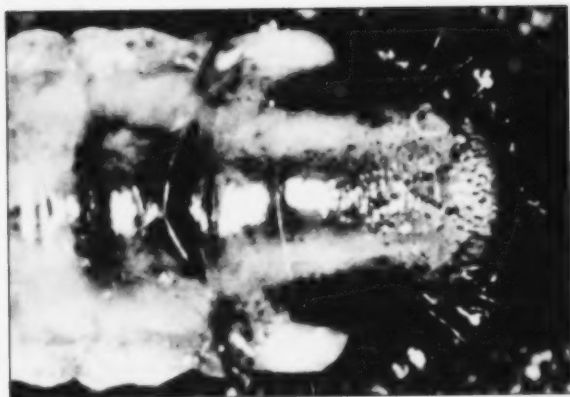


**Planche 59.** Blanches, à la tête brun-orangé et au postérieur sombre, les larves du hanneton européen, ou vers blancs, se distinguent des autres asticots par le motif en « Y » que forment les soies de l'écusson anal.



**Planche 60.** Chez la larve du hanneton commun, l'écusson anal prend une forme ovale et présente deux rangées parallèles d'épines.





**Planche 61.** La larve du scarabée japonais se distingue des autres asticots par le motif en « V », large et peu profond de son écusson anal.



**Planche 63.** Le ver fil de fer (ou larve de taupin) est une larve longue et cylindrique, de couleur brun cuivré et à exosquelette dur. Il nuit à de nombreuses cultures, habituellement lorsque celles-ci suivent des graminées dans la rotation.



**Planche 65.** Les limaces sont dépourvues de pattes, ont le corps mou et sont grisâtres ou mouchetées. Elles sont recouvertes d'une substance visqueuse qu'elles laissent derrière elles après leur passage.



**Planche 62.** Le scarabée japonais a la tête d'un vert métallique brillant et des ailes cuivre teintées de vert sur les bords extérieurs. Il présente douze petites touffes de poils aux limites des ailes.



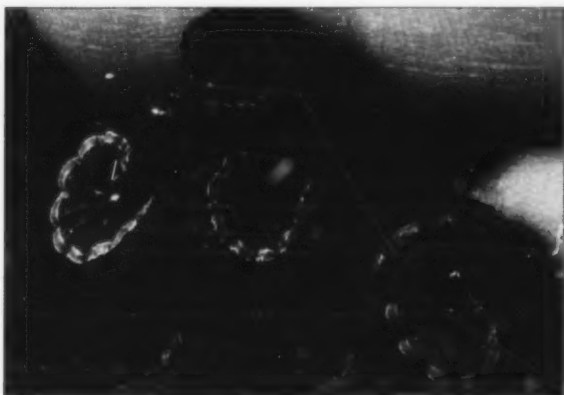
**Planche 64.** La mouche des légumineuses donne naissance à une larve petite, acéphale et apode (sans tête ni pattes) qui creuse une galerie dans une graine en germination, affaiblissant ainsi la plantule.



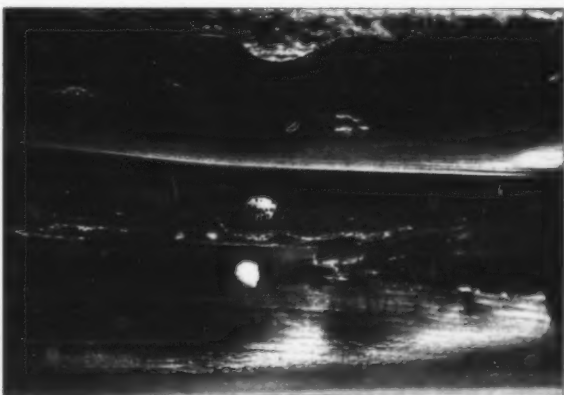
**Planche 66.** Feuilles endommagées par des limaces. Celles-ci se nourrissent de toutes les parties des plantes, laissant des trous aux pourtours déchiquetés. Si elles dévorent le point végétatif, le plant peut mourir.



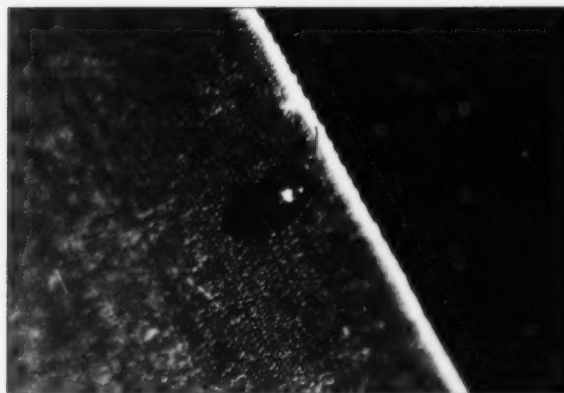
**Planche 67.** Les larves de la noctuelle epsilon (vers-gris noirs) sont noir grisâtre sur le dos et plus pâles sur le ventre. À maturité, elles mesurent environ 3,5 cm (1¼ po) de long. Elles coupent les plants de maïs au ras du sol.



**Planche 69.** Les larves de la légionnaire uniponctuée ont des bandes noires au sommet de chaque fausse-patte. Leur tête brun clair laisse voir un motif strié de veines brun foncé.



**Planche 71.** Masse d'œufs de la pyrale du maïs. Chaque masse d'œufs peut compter de 15 à 40 œufs empilés comme des écailles de poisson.



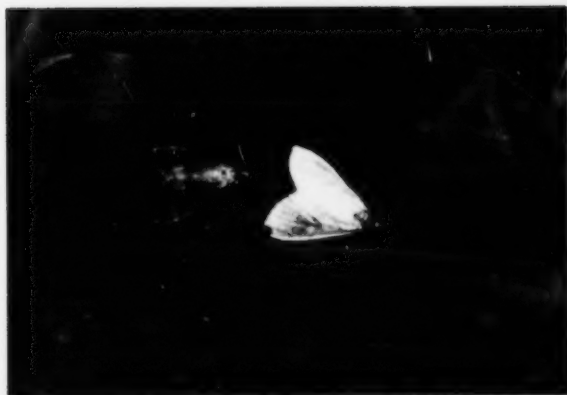
**Planche 68.** Les altises du maïs laissent derrière elles de longues égratignures parallèles à la nervure de la feuille. Elles sont des vecteurs de la maladie de Stewart (une brûlure bactérienne des feuilles).



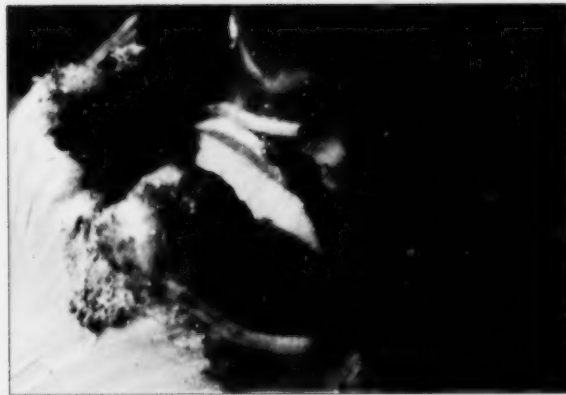
**Planche 70.** Larve de la noctuelle de la pomme de terre émergeant de la base d'une tige de maïs. Les dommages sont habituellement concentrés dans les rangs périphériques.



**Planche 72.** Les larves de la pyrale du maïs vont du crème au rose, ont la tête noire et présentent deux taches noires par segment abdominal. Les larves sont des vecteurs de diverses pourritures de la tige.



**Planche 73.** Adulte de la pyrale du maïs. Le papillon femelle (à droite) est plus gros et de couleur plus claire que le mâle (à gauche).



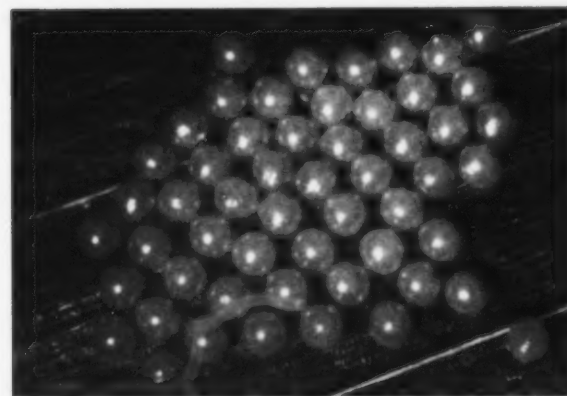
**Planche 74.** C'est au stade larvaire que la chrysomèle des racines du maïs cause le plus de dommages : sectionnement des racines, incurvation des tiges en col de cygne et verse des plants depuis leur base.



**Planche 75.** Les adultes de la chrysomèle occidentale des racines du maïs ont le corps qui va du jaune au vert et possèdent trois bandes noires sinueuses sur le dos.



**Planche 76.** Les adultes de la chrysomèle septentrionale des racines du maïs ont un corps de couleur uniforme qui va du vert au jaune sans bandes noires sur le dos.



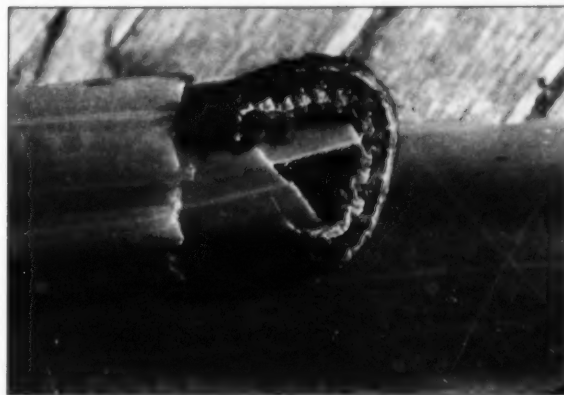
**Planche 77.** Les œufs du ver-gris occidental du haricot ont la forme de cantaloups et sont blancs au moment à la ponte. Ils virent au mauve juste avant l'éclosion.



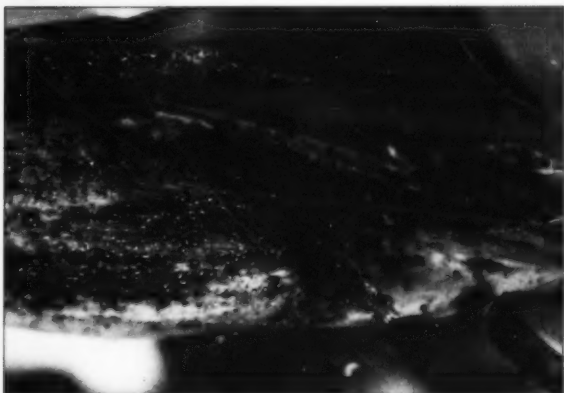
**Planche 78.** La larve du ver-gris occidental du haricot porte deux larges bandes brunes sur le pronotum (partie supérieure du prothorax), derrière la tête.



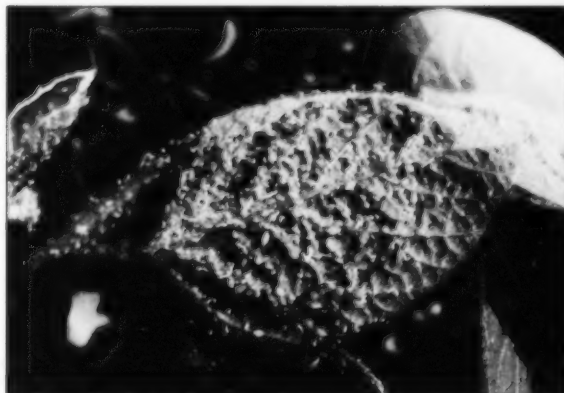
**Planche 79.** Ver de l'épi du maïs sur un épi. Les dommages causés par le ver sont habituellement concentrés autour de la pointe de l'épi.



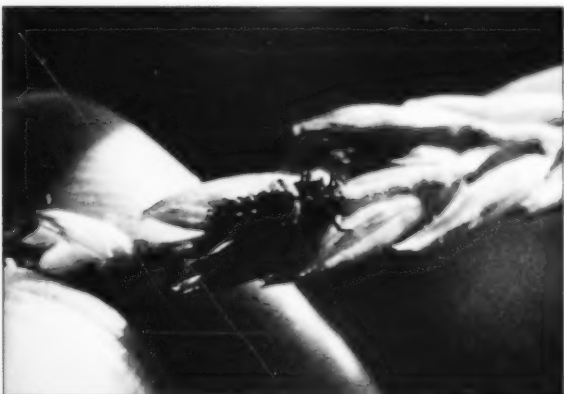
**Planche 80.** La larve de la légionnaire d'automne a une tête sombre marquée d'un « Y » inversé et son corps porte des bandes similaires à celles de la légionnaire uniponctuée, en plus de taches bombées surmontées de poils.



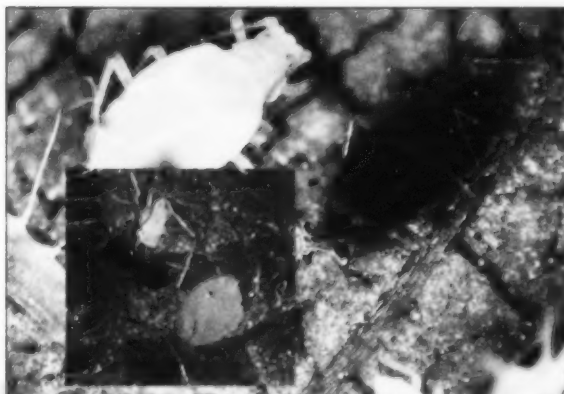
**Planche 81.** Pucerons du maïs rassemblés sur un épi. La pollinisation est réduite lorsque panicules et soies sont couvertes de miellat.



**Planche 82.** Les pucerons du soya sont petits, de couleur vert pâle à jaune et peuvent être ailés ou non. On les trouve sur le revers des feuilles et sur les tiges.

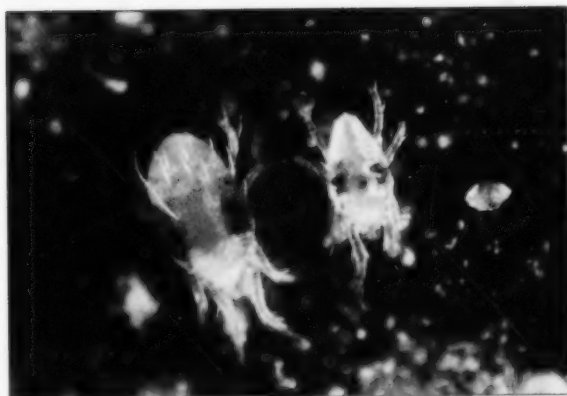


**Planche 83.** Les larves de coccinelles sont des ennemis naturels du puceron du soya.



**Planche 84.** Les momies noires (comme celle à droite) sont des pucerons parasités par des guêpes parasites (encart). Ces dernières comptent parmi les nombreux ennemis du puceron du soya.





**Planche 85.** Les tétranyques à deux points sont à peine visibles à l'œil nu. Les adultes ont un corps brun jaunâtre, huit pattes et deux taches sombres sur le dos.



**Planche 86.** Les infestations par les tétranyques débutent habituellement en périphérie des champs. Les feuilles infestées brunissent, puis tombent du plant.



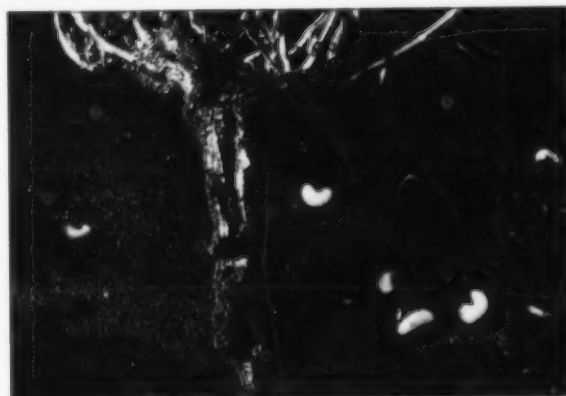
**Planche 87.** Les adultes de la chrysomèle du haricot sont de diverses couleurs, mais toutes ont un petit triangle noir qui est visible derrière la tête. Elles peuvent avoir quatre taches ou non.



**Planche 88.** Adulte de la punaise verte. Les punaises percent les gousses et extraient la substance des graines, entraînant la formation de rides et de fossettes à leur surface.

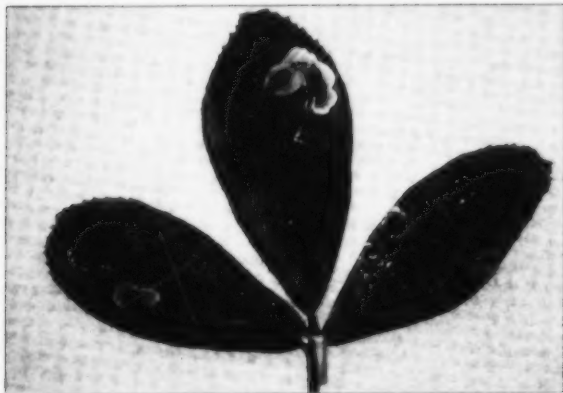


**Planche 89.** Au stade adulte, le charançon de la luzerne fait environ 12 mm ( $\frac{1}{2}$  po) de long et ne peut pas voler.



**Planche 90.** Les larves de charançon de la luzerne ceinturent la racine pivotante ou en entaillent la surface, y laissant de profondes rainures spirales. Les larves sont blanches, apodes et à tête brun-rouge.





**Planche 91.** Les larves de l'agromyze de la luzerne, aussi appelée mineuse virgule de la luzerne, se nourrissent à l'intérieur même du foliole, creusant des galeries entre les surfaces supérieure et inférieure de la feuille.



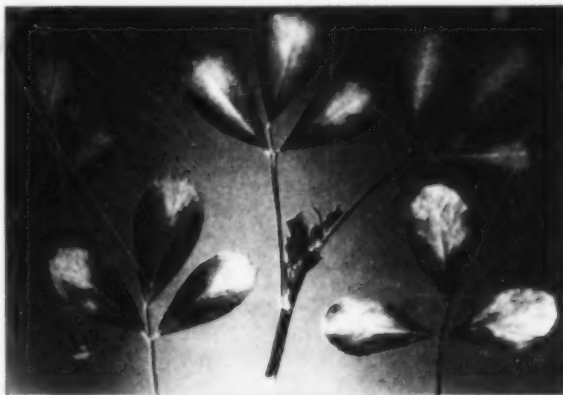
**Planche 92.** Au stade adulte, le charançon postiche de la luzerne mesure environ 8 mm de long. Il se caractérise par une bande sombre longitudinale sur le dos.



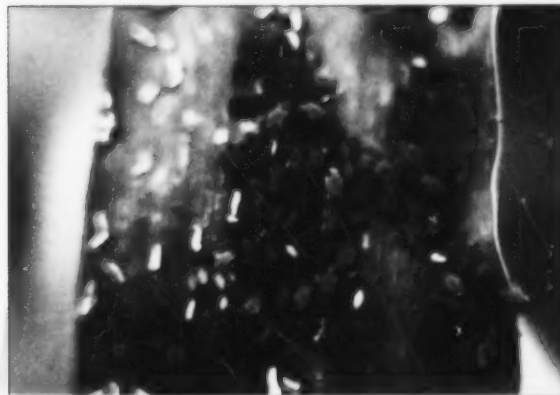
**Planche 93.** Les larves du charançon postiche de la luzerne se nourrissent de feuilles dont elles ne laissent que les nervures. Les larves ont la tête noire.



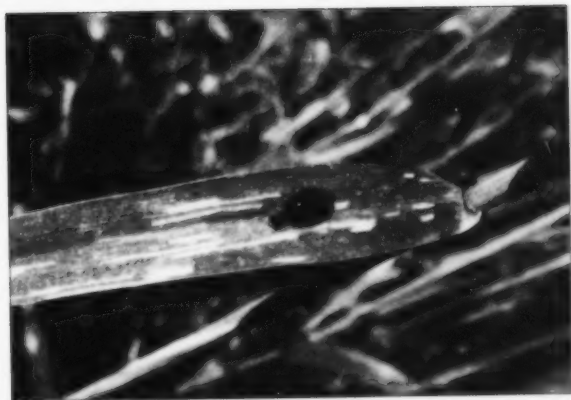
**Planche 94.** La cicadelle de la pomme de terre est un insecte ailé vert pâle, au corps cunéiforme. Les nymphes n'ont pas d'ailes et sont plus petites que les adultes.



**Planche 95.** La brûlure de la cicadelle, causée par la cicadelle de la pomme de terre, est plus grave chez les nouvelles plantules et les jeunes repousses.



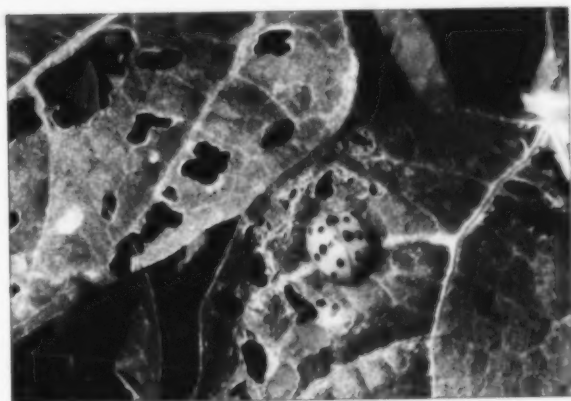
**Planche 96.** Le puceron du merisier à grappes est vert olive terne, avec des taches rouge orangé vers l'arrière de l'abdomen.



**Planche 97.** Les larves du criocère des céréales sont jaunâtres, mais cette teinte est obscurcie par une couche d'excréments noire qui leur donne l'aspect des limaces.



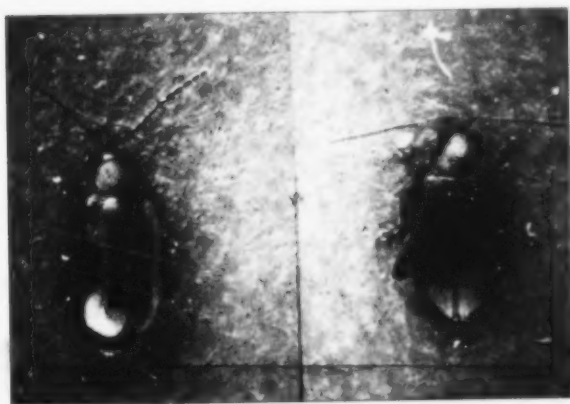
**Planche 98.** Au stade adulte, le criocère des céréales est bleu-vert métallique, sauf la tête et les pattes qui sont d'un orangé rougeâtre.



**Planche 99.** Adulte de la coccinelle mexicaine des haricots. La coccinelle montre seize petites taches noires sur son dos rouge cuivré, le long duquel se hérissent des épines à pointes noires.



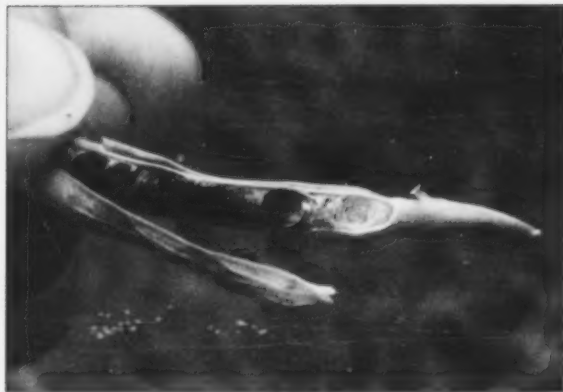
**Planche 100.** La punaise terne a le corps tacheté de brun jaunâtre à rougeâtre, et son dos porte un petit motif triangulaire.



**Planche 101.** Altise des navets (gauche) et altise des crucifères (droite) au stade adulte. Les altises peuvent infliger de sérieux dommages au cours des trois semaines suivant la levée du canola de printemps.



**Planche 102.** Le charançon de la graine du chou est gris cendré ou noir; il a un long rostre rappelant la trompe d'un éléphant.



**Planche 103.** Les larves du charançon de la graine du chou éclosent à l'intérieur des gousses de canola et se nourrissent directement des graines; chaque larve en consomme de trois à cinq.



**Planche 105.** Chez les plants déjà montés à graines, la cécidomyie du chou-fleur force la production de gousses à partir de tissus endommagés, entraînant la formation de bouquets de gousses qui n'affectent pas le rendement.



**Planche 107.** Les larves de la fausse-teigne des crucifères vont du vert pâle au vert jaunâtre et ont la tête brune. Les larves reculent en se tortillant lorsqu'elles sont dérangées.



**Planche 104.** Les dommages causés par la cécidomyie du chou-fleur à un jeune plant, avant l'élongation de la tige, peuvent empêcher la formation des racèmes, des fleurs et des gousses.



**Planche 106.** On peut facilement identifier la fausse-teigne des crucifères adulte par les taches blanches en forme de losange visibles sur son dos lorsque ses ailes sont au repos.



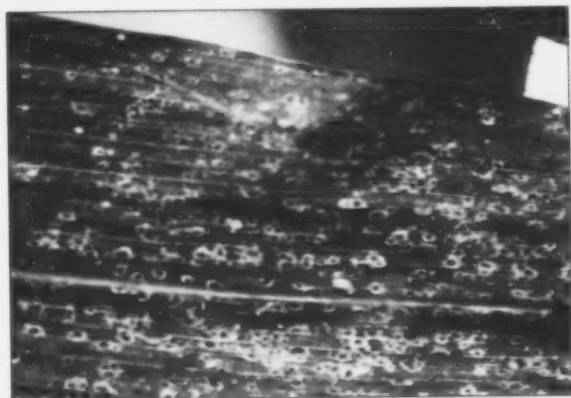
**Planche 108.** L'anthracnose s'attaque à la fois aux feuilles et aux tiges. Les principaux symptômes sont des taches sur les feuilles, le dépérissement du sommet du plant et la pourriture de la tige.



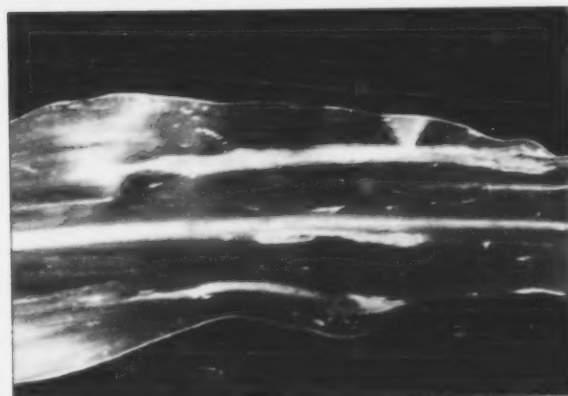
**Planche 109.** Le dessèchement entraîne la formation de longues stries elliptiques vert grisâtre ou chamois.



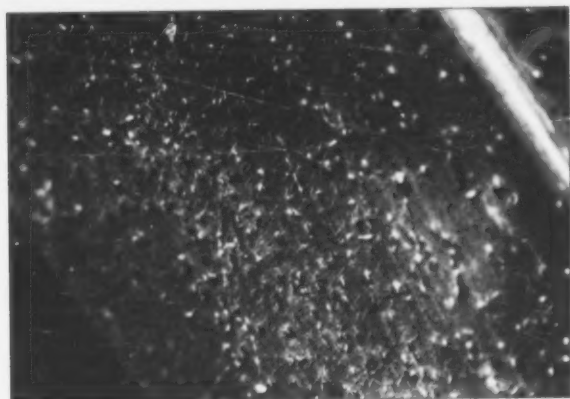
**Planche 110.** Dessèchement sur un cultivar sensible (à gauche) et sur un cultivar résistant (à droite), lequel affiche moins de symptômes.



**Planche 111.** Kabatiellose : taches rondes ou ovales sur les feuilles, avec un centre chamois/brun et un pourtour brun/violacé, et entourées d'un halo jaune translucide bien visible devant une source lumineuse.



**Planche 112.** La maladie de Stewart se produit après la formation de la panicule. La phase du flétrissement coïncide avec les stades V2 à V4. La bactérie responsable est amenée par l'altise du maïs.



**Planche 113.** Les symptômes habituels de la rouille commune vont des mouchetures jaunes aux pustules rouges.

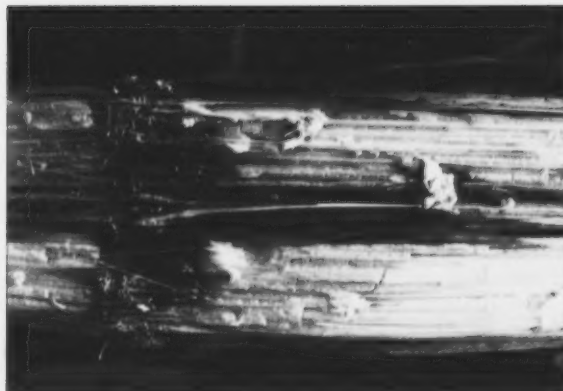


**Planche 114.** L'incidence du charbon commun augmente là où les plants ont été endommagés.

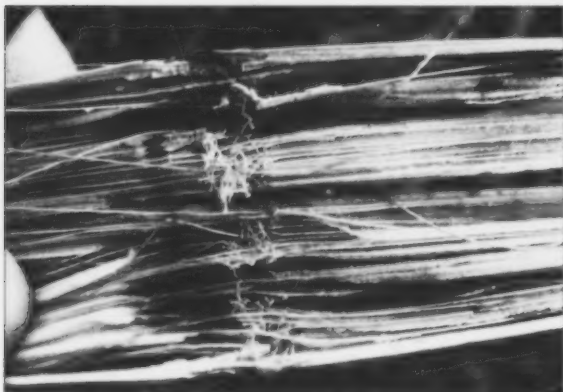




**Planche 115.** Le charbon des inflorescences se manifeste sur les épis ou les panicules.



**Planche 116.** Pourriture de la tige causée par l'antracnose : le tissu interne de la tige de maïs est souvent noirci, et la moelle est pourrie.



**Planche 117.** Tissu filamenteux et rouge caractéristique de la moelle, résultat d'une infection par *Gibberella*, responsable de la fusariose de la tige.



**Planche 118.** Fusariose de l'épi et du grain. À noter : la présence d'un feutre mycélien blanc formant un rayonnement sur les grains.



**Planche 119.** La fusariose de l'épi (causée par *Gibberella*) débute souvent à l'extrémité de l'épi puis progresse vers la base. Remarquer la couleur allant du rose au rouge.

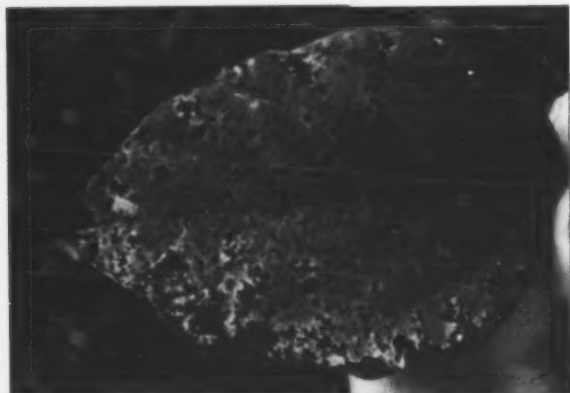


**Planche 120.** La pourriture fusarienne entraîne le brunissement des tissus internes des racines.

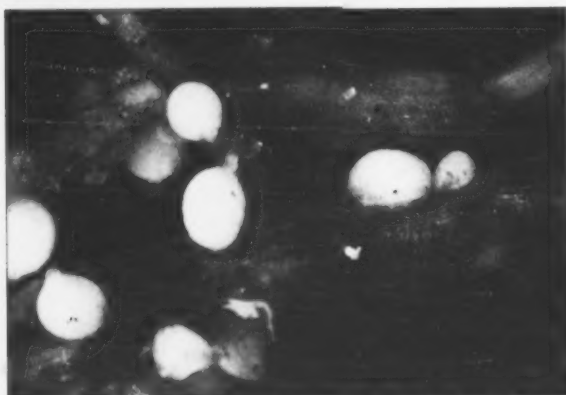




**Planche 121.** La pourriture phytophthoréenne cause des lésions gorgées d'eau sur les plantules et un changement de couleur de la tige, qui devient violacée ou brun foncé. Les symptômes apparaissent d'abord à la surface du sol et progressent vers les nœuds du bas.



**Planche 123.** Les symptômes de la maladie des taches brunes se manifestent tôt dans la saison : taches brunes de grosseurs variées, apparaissant d'abord sur les feuilles du bas. Les tissus infectés jaunissent rapidement puis les feuilles tombent au sol.



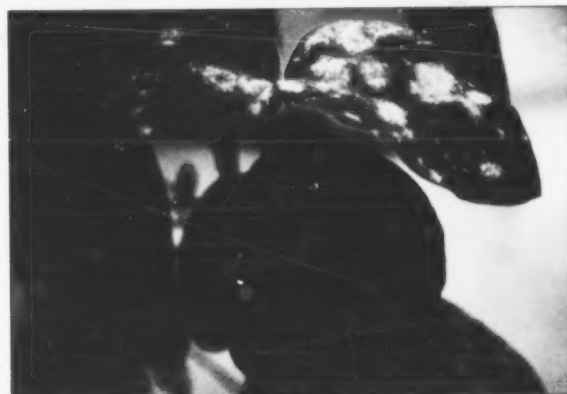
**Planche 125.** Kystes jaune-brun, en forme de citron (de la taille d'une tête d'épingle) se formant sur les racines des plants de soya infestés par le nématode à kyste du soya.



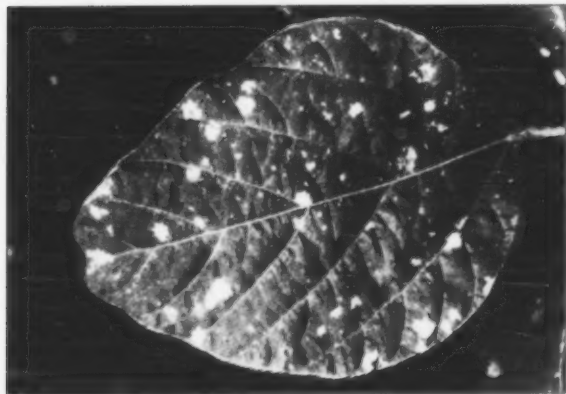
**Planche 122.** Le rhizoctone commun donne des lésions rougeâtres sur la tige au niveau du sol ou tout juste en dessous.



**Planche 124.** Les plants infestés par le nématode à kyste du soya peuvent être rabougris et présenter des feuilles jaunâtres. Les endroits endommagés forment souvent des plages circulaires dans le champ.



**Planche 126.** L'oidium (blanc) se manifeste sous forme d'une couche poudreuse blanche à la face supérieure des feuilles.



**Planche 127.** Le mildiou se présente sous forme de taches allant du jaune au brun sur le dessus des feuilles, et d'un feutre mycélien bleu-gris en dessous.



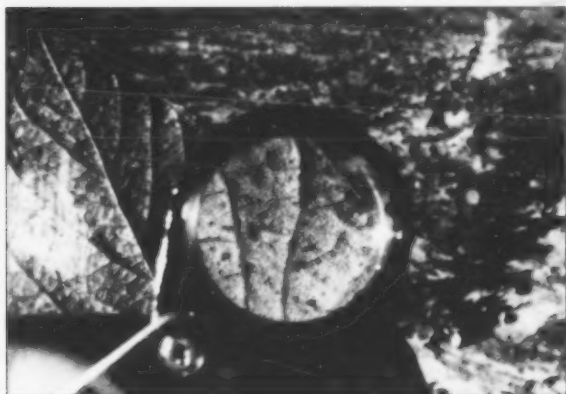
**Planche 128.** Le chancre des tiges entraîne le flétrissement subit du plant et l'apparition de lésions rouge brun près des nœuds inférieurs.



**Planche 129.** Les plants souffrant du syndrome de la mort subite se flétrissent et meurent rapidement. Ils présentent parfois une chlorose internervaire et une nécrose des feuilles supérieures.



**Planche 130.** Les feuilles infectées par la rouille asiatique du soya présentent des mouchetures jaunes qui, souvent, apparaissent d'abord sur les feuilles du bas puis montent graduellement le long du plant.



**Planche 131.** La rouille asiatique du soya produit de petites lésions surélevées de couleur chamois à brun foncé ou brun-roux, qui produisent des spores. Un examen à la loupe permet de différencier cette rouille d'autres maladies foliaires.



**Planche 132.** On parvient à maîtriser la rouille asiatique du soya grâce au dépistage et à des pulvérisations fongicides faites au bon moment. Le côté gauche du champ n'a pas été traité; le côté droit a reçu une application de fongicide.



**Planche 133.** La brûlure bactérienne produit un halo jaune distinctif autour des lésions, et les feuilles donnent souvent l'impression d'avoir été déchirées.



**Planche 134.** Les symptômes de la mosaïque du soya comprennent des feuilles déformées et cloquées. Les plants peuvent être rabougris. Le puceron du soya est un vecteur de cette maladie.



**Planche 135.** Les graines infectées par le virus de la mosaïque du soya présentent un brunissement ou un noircissement caractéristique qui produit des bigarrures depuis le hile.



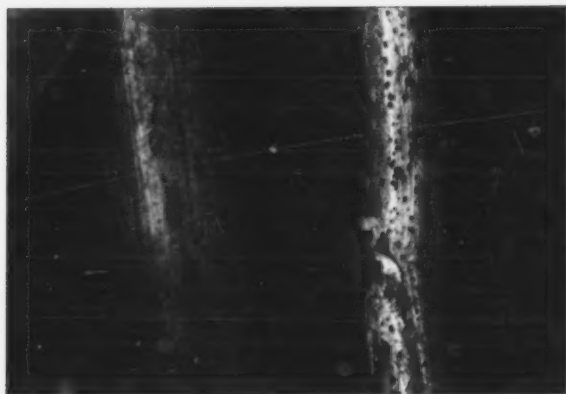
**Planche 136.** Les lésions foliaires de la cercosporose sont auréolées de rouge foncé/brun et ont un centre de couleur chamois qui peut se désintégrer et faire place à une perforation.



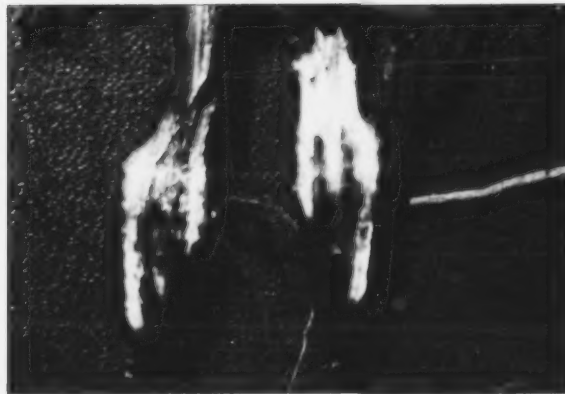
**Planche 137.** La maladie des graines pourpres se caractérise par des semences comportant une teinte ou des taches pourpres (et souvent même par des feuilles qui tirent sur le pourpre).



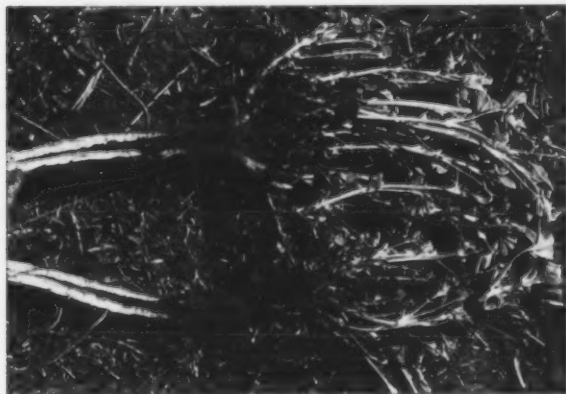
**Planche 138.** La pourriture des graines se caractérise par la présence, en partant du hile, de minces fissures et de moisissure sur les graines qui réduisent la qualité et la vigueur des semences.



**Planche 139.** La brûlure phomopsienne se reconnaît aux petits points ou corpuscules noirs surélevés qui sont alignés ou regroupés en îlots sur la tige.



**Planche 140.** La phytophthora frappe dès la levée. Les plantules infectées sont rabougries et commencent à se flétrir.



**Planche 141.** La fusariose vasculaire prend l'aspect de filaments brun foncé ou roux dans le xylème des racines.



**Planche 142.** Au début, la maladie des taches de poivre prend la forme de petites taches sombres sur les feuilles, puis les taches s'élargissent et finissent par se fondre ensemble. Les taches ont un centre chamois et sont entourées d'un halo jaune.



**Planche 143.** Au début, la verticilliose ne touche que quelques tiges. Celles-ci se flétrissent, s'enroulent et changent de couleur. La maladie entraîne un retard de croissance.



**Planche 144.** La fonte des semis est causée par plusieurs organismes. Bien des plantules ne lèvent pas ou lèvent, mais paraissent jaunes et comportent de la pourriture brune ou brun-rouge à la base de leur tige.





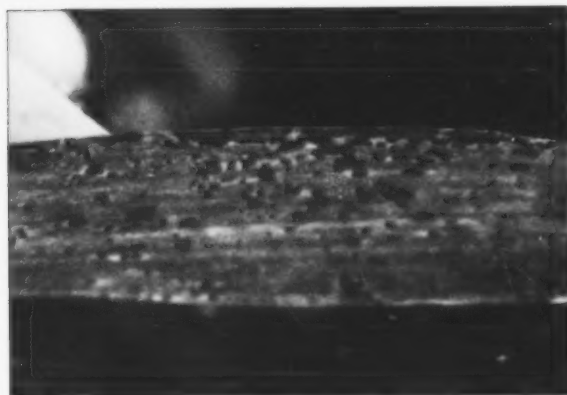
**Planche 145.** Le piétin-échaudage est visible à l'épiaison. Cette maladie racinaire fait blanchir l'épi, la tige et les feuilles.



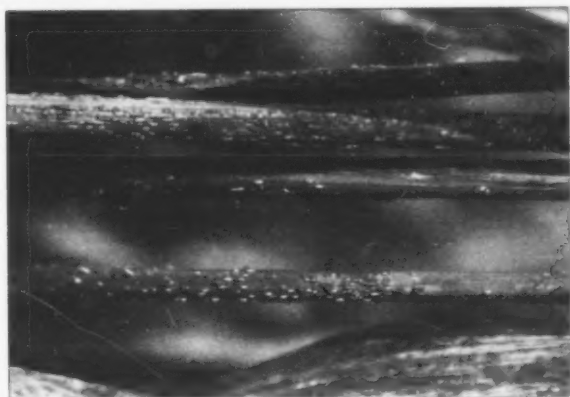
**Planche 146.** Le piétin-verse et le rhizoctone ocellé produisent des lésions elliptiques en forme d'œil sur l'entre-nœud inférieur, près de la ligne de sol.



**Planche 147.** Les moisissures nivéales apparaissent à la fonte des neiges après que la culture est restée ensevelie sous la neige pendant une longue période. Les plants morts sont visqueux, bruns et pourris.



**Planche 148.** La rouille des feuilles affecte le limbe et la gaine foliaire. Les petites taches jaune-brun contiennent des spores allant de l'orangé au brun orangé.

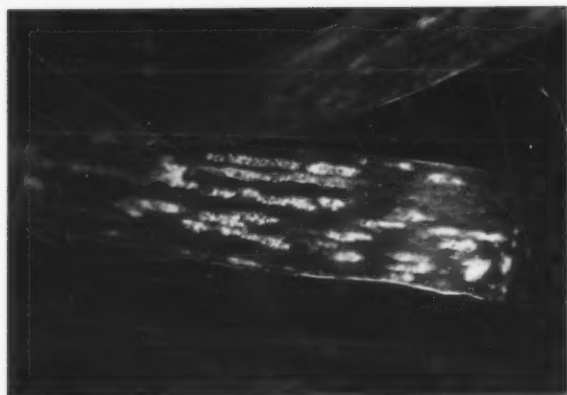


**Planche 149.** La rouille des tiges peut affecter la gaine foliaire, la tige et l'épi.

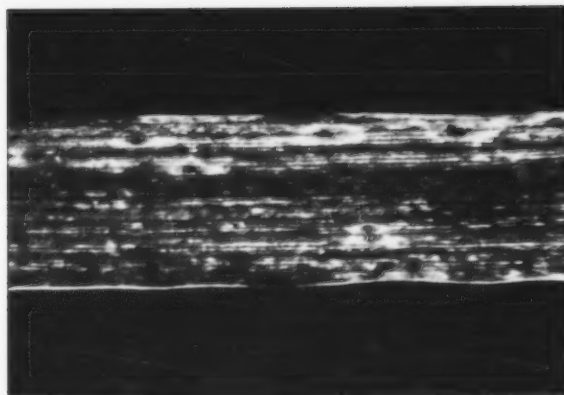


**Planche 150.** Le virus de la jaunisse nanisante de l'orge est transmis par les pucerons. L'infection se manifeste par le rabougrissement des plants accompagné d'une coloration jaune, rouge ou violacée de la pointe des feuilles.





**Planche 151.** Le blanc (oidium) provoque la formation d'un feutre mycélien duveteux allant du blanc au gris sur les feuilles du bas. La maladie progresse de bas en haut.



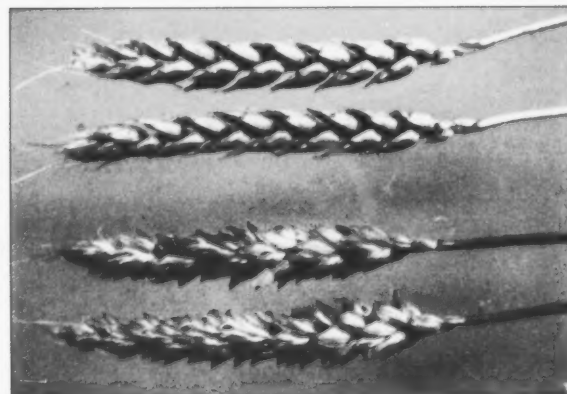
**Planche 152.** Les taches septoriennes se manifestent par de petites taches allant du vert pâle au jaune qui s'allongent pour former des lésions brun rougeâtre.



**Planche 153.** La tache des glumes présente de petites taches ovales allant du gris au brun sur les feuilles, et par des zones brun violacé sur les glumes.



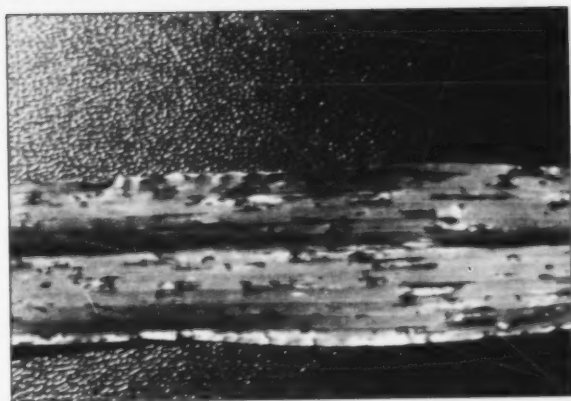
**Planche 154.** Le charbon nu provoque le remplacement des grains par des masses de spores sèches et noires, visibles peu après la sortie des épis.



**Planche 155.** La fusariose de l'épi fait blanchir l'épi en totalité ou en partie. D'ordinaire, la tige reste verte.



**Planche 156.** Les taches helminthosporiennes provoquent l'apparition de taches brunes sur les feuilles et peuvent causer la fonte des semis et la pourriture de la base de la tige.



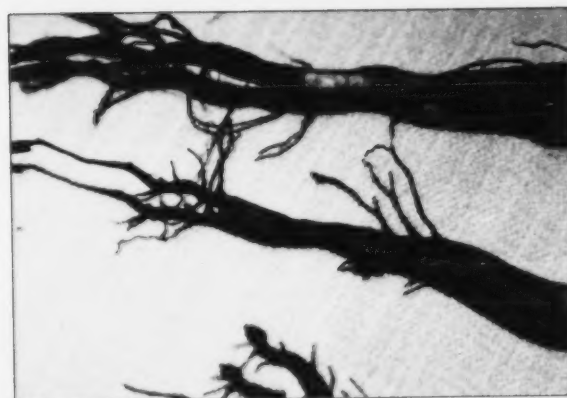
**Planche 157.** Les rayures réticulées se manifestent d'abord par des taches vert pâle ou brunes qui s'étendent et par des lignes qui donnent à la feuille un aspect réticulé.



**Planche 159.** Les graisses bactériennes se manifestent d'abord par l'apparition sur les folioles de petites cloques d'eau qui s'étendent et se fondent pour former, entre les nervures, des zones brunes et sèches au pourtour jaune.



**Planche 161.** La pourriture à sclérotés infecte d'abord les vieilles fleurs et les feuilles mortes, et finit par s'étendre aux gousses, aux feuilles et aux tiges saines.



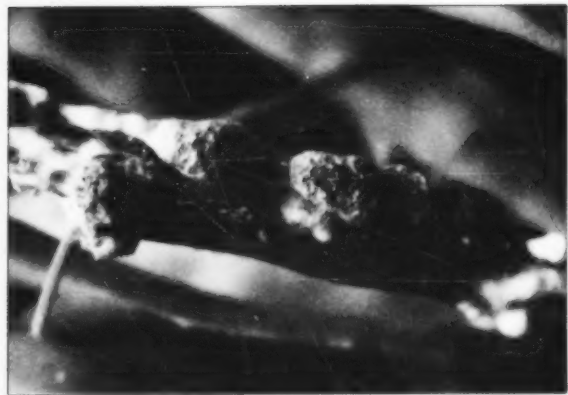
**Planche 158.** Différents organismes sont responsables du complexe de la pourriture des racines chez le haricot sec comestible. Celui-ci se manifeste notamment par le rabougrissement général du plant, son flétrissement et le changement de couleur des racines.



**Planche 160.** L'antracnose provoque l'apparition de lésions rondes ou angulaires sur les feuilles, les tiges et les gousses. Les lésions sont enfoncées et laissent paraître un anneau noir distinct sur le pourtour.



**Planche 162.** La pourriture à sclérotés produit des lésions couvertes d'un feutre mycélien blanc sur les tiges.



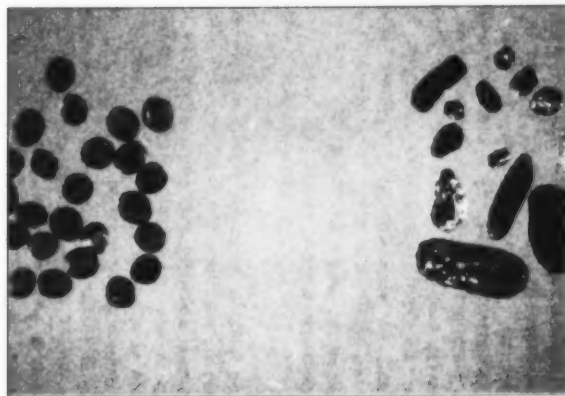
**Planche 163.** La pourriture à sclérotos produit des sclérotos noires et dures à la surface ou à l'intérieur de la tige et des gousses.



**Planche 165.** Chez le tournesol, la pourriture à sclérotos cause la pourriture de la base ou du milieu de la tige et même de l'épi.



**Planche 167.** La jambe noire se propage à la tige et y produit un chancre qui ceinture la base de la tige.



**Planche 164.** Pourriture à sclérotos sur des semences de canola. Les sclérotos noires se retrouvent parfois dans les semences récoltées.

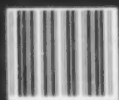
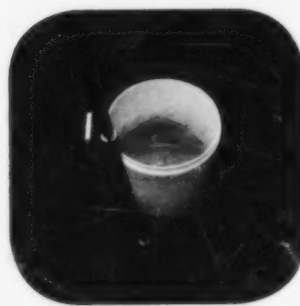
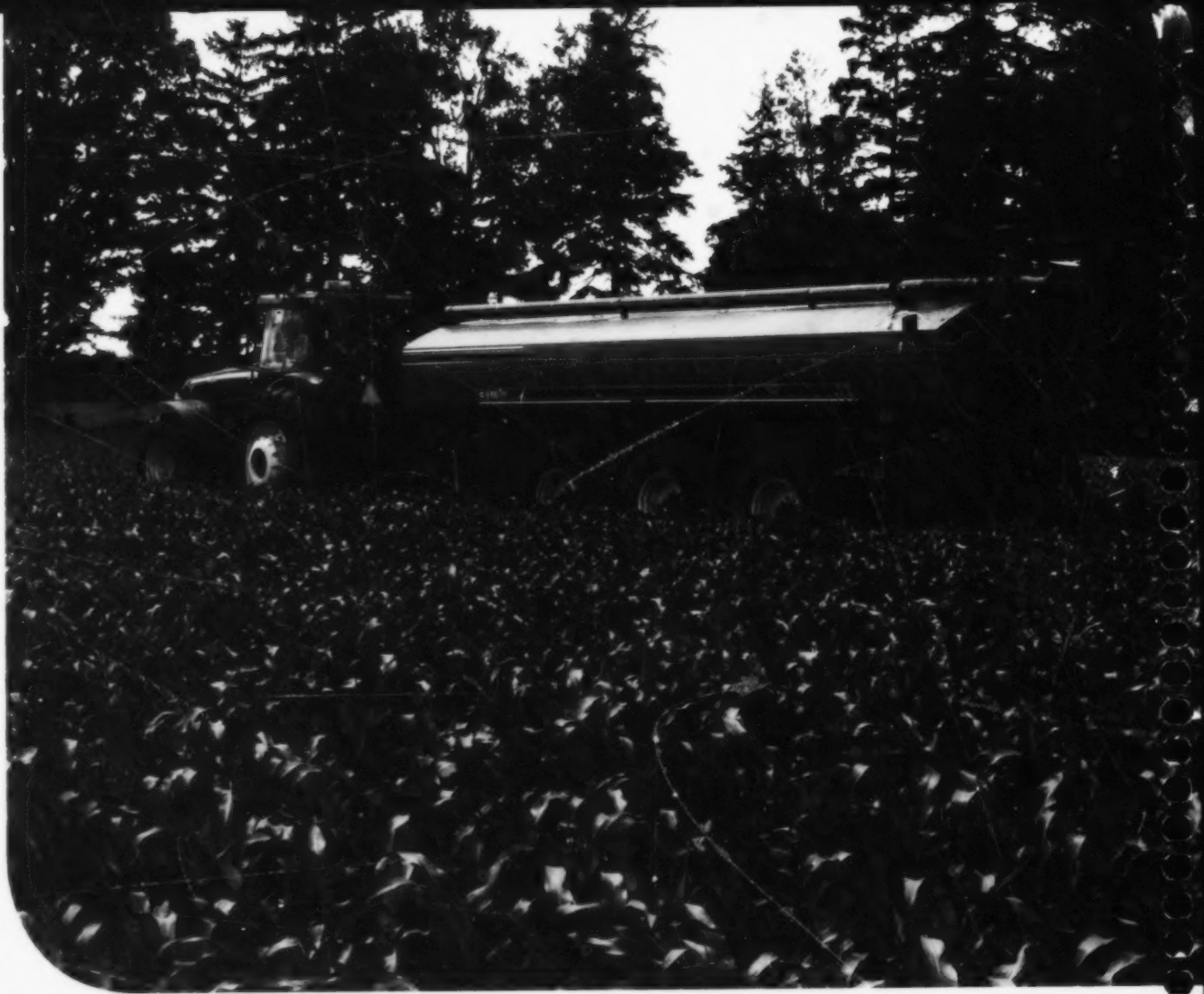


**Planche 166.** Chez le canola, la jambe noire occasionne des taches blanches ou chamois, de forme circulaire ou irrégulière, contenant de nombreux points noirs (pynclides).



**Planche 168.** Le virus de la mosaïque du navet provoque la marbrure des feuilles et le plissement ou gaufrage du limbe. Il peut aussi faire jaunir le plant et en freiner la croissance.





[www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures)

